விசுவரூபம்



R.K. விசுவநாதன்

விசுவரூபம்

647

ஆர். கே. விசுவநாதன், எம். ஏ.,
பௌதிக ஆசிரியர்
அண்ணுமலை சர்வகலாசாலை

கல்வி மந்திரி
ஸ்ரீ அவிஞசிலிங்கம் செட்டியார் அவர்களது
முகவுரையுடன் கூடியது

1948

விலை ரூ. 2-8-0

சமர்ப்பணம்

இந்நூல் வெளிவருவதில் ஆர்வம் காட்டி பொருள் உதவி அளித்த தருமபுர ஆதீனம் இருபத்தைந்தாவது மகா சந்நிதானம் ஸ்ரீ-ல-ஸ்ரீ சுப்பிரமணிய தேசிக ஞான சம்பந்த பரமாசாரிய சுவாமிகள் அவர்களுக்கு சமர்ப்பணம்.

''வாழ்க நிரந்தரம் வாழ்க தமிழ் மொழி
வாழிய வாழியவே
வானம் அறிந்த தனைத்தும் அறிந்து
வளர் மொழி வாழியவே''

அமரகவி—சுப்பிரமணிய பாரதியார்

முகவுரை

ஸ்ரீ ஆர். கே. விசுவநாதன் அவர்கள் அண்ணுமலை சர்வ கலாசாலையில் ஆசிரியராக இருந்து வேலை செய்து வருகிருர். அவருக்கு பௌதிகத்திலும் தமிழ் அபிவிருத்தியிலும் இருக்கும் அன்பு மிகவும் போற்றத் தக்கது. அவர் முன் எழுதிய புத்தகங்களில், தெளிவான நல்ல தமிழில் மக்களுக்கு விளங்குகிற மாதிரி பௌதிக உண்மைகளை விளக்கி இருக்கிருர். அதே துறையில் தொடர்ந்து இப் புத்தகமும் வெளி வருகிறது. தமிழ் மக்களுக்கு இது பெரிதும் உதவி அளிக்குமென்று நம்புகிறேன்.

தற்கால சாத்திரங்களில் புத்தகங்கள் எழுதுபவர்களுக்கு ஒரு கஷ்டம் இருக்கிறது. ஆங்கிலக் கலைச் சொற்களைத் தமிழில் கொண்டு வருவது மிகவும் சிரமமான காரியம். இக் காரியத்தைச் செய்வதில் பலர் பல விதமான மொழி பெயர்ப்புக்களை உபயோகப்படுத்த நேரிடுகிறது. அதன் காரணமாகப் படிப்பவர்கள் மனதில் குழப்பம் உண்டாகிறது. இதை நீக்கவும், உலகப் பொது மக்களோடு ஒன்றுபட்டு உயர்ந்த நூல்களை நம் மக்கள் படிப்பதற்கு உதவியாக இருக்கவும், உலகத்தில் பெரும் பகுதியாரால் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட கலைச் சொற்களையே இந்திய பாஷைகளிலே ஒப்புக் கொள்ளலாம் என்று இப்பொழுது டெல்லி கல்வி மகாநாட்டில் முடிவு செய்யப்பட்டிருக்கிறது.

இதன் பொருள் தமிழிலுள்ள வார்த்தைகளுக்குக் கூட ஆங்கிலச் சொற்களை உபயோகப்படுத்த வேண்டும் என்பது அல்ல. வழக்கத்தில் இருக்கும் மக்களுக்குத் தெரிந்த வார்த்தைகளை வைத்துக் கொண்டு இதர கலைச் சொற்களுக்கு மேற்கண்ட வாறு செய்வதே பொருத்தமாக இருக்கும்.

ஸ்ரீ ஆர். கே. விசுவநாதன் அவர்கள் இந் நூல்கள்மூலம் தமிழுக்குச் செய்துவரும் தொண்டை நான் பாராட்டுகிறேன்.

கோட்டை, சென்னை.
8—3—1948.

தி. சு. அவினாசிலிங்கம்

நன்றியுரை

இக் கட்டுரைகள் எல்லாம் காவேரி, கல்கி தீபாவளி மலர், வஸந்தம், பாரத சக்தி, பாரதமணி, சந்திரோதயம் முதலிய பத்திரிகைகளில் வெளி வந்தவை. இவற்றின் ஆசிரியர்களுக்கு எனது வந்தனம் உரித்தாகும். என் வேண்டுகோளுக்கு இணங்கி இப் புத்தகத்திற்கு முகவுரை எழுதியுள்ள நமது கல்வி மந்திரி ஸ்ரீ அவினாசிலிங்கம் செட்டியார் அவர்களுக்கு என் நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்ளுகிறேன். வந்தே மாதரம்.

அண்ணாமலை நகர்,
12—3—1948.

ஆர். கே. விசுவநாதன்

இந்நூல் ஆசிரியர் இயற்றிய
மற்ற விஞ்ஞான நூல்கள்

1. ஸங்கீத ஒலி நூல்
2. பௌதிக நூல் முதற் பாகம்
3. பௌதிக நூல் இரண்டாம் பாகம்

(2, 3 — ஆயிரம் ரூபாய் பரிசு பெற்ற நூல்கள்)

4. ஒளியும் ஒலியும்
5. ஆலய மணி
6. விஞ்ஞானக் காட்சி

விசுவரூபம்

விஷய அட்டவணை

Copies can be had of the author:

R. K. VISWANATHAN M. A.
Senior Lecturer in Physics, Annamalai University,
ANNAMALAINAGAR.

1. விசுவரூபம்

மண்ணைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியுடன் விண்ணைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியையும் விஞ்ஞானிகள் செய்து வருகிறார்கள். பிரபஞ்சத்திலுள்ள பொருள்களில் பூமிதான் மிக பெரியது என்று ஒரு காலத்தில் நம் முன்னோர்கள் நினைத்து வந்தார்கள். பூமியைச் சுற்றிச் சூரியன் ஓடி வருவதாகவும் நம்பி வந்தார்கள். சூரியன் மிகப் பெரிய பொருளாய் இருப்பதும், பூமியைப்போல மற்றக் கிரகங்கள் இருப்பதும் பின்னரே தெரியவந்தது. சூரியனைச்சுற்றி இக்கிரகங்கள் எல்லாம் ஓடி வருவதை உணர்ந்தார்கள். பூமியின் விட்டம் எண்ணாயிரம் மைல் என்றும், சூரியனின் விட்டம் எட்டு லக்ஷத்து அறுபதினாயிரம் மைல் என்றும் சோதனையில் விஞ்ஞானிகள் கண்டிருக்கிறார்கள். சூரியனுள் சுமார் பத்து லக்ஷம் பூமியை அடக்கிவைத்துப் பின்னும் காலியான இடம் இருக்கும். எனவே சூரியன் பூமியைவிட எவ்வளவு பெரியது என்று ஊகிக்கலாம். சூரியனைவிடப் பெரிய நக்ஷத்திரங்களையும் பார்த்தார்கள். அவற்றில் ஒன்று அண்டாரிஸ் (Antares) என்னும் நக்ஷத்திரம்; இதன் விட்டம் சூரியனின் விட்டத்தை விட ஐந்நூறு மடங்கு அதிகம் என்று கண்டார்கள். இந்த நக்ஷத்திரத்தில் சூரியனைப்போல ஐந்துகோடி சூரியன்களை அடைத்து வைக்கலாம். சிறியதும்

பெரியதுமாகக் கோடிக்கணக்கான நக்ஷத்திரங்கள் வானத்தில் இருப்பது தெரியவந்தது. இவை எல்லாம் கூட்டம் கூட்டமாக இருப்பதைப் பார்த்தார்கள். கோடிக்கணக்கான நக்ஷத்திரக் கூட்டங்கள் இருப்பதும் தெரிய வந்தது. கண்ணுக்குத் தெரியாமலும் அனேக நக்ஷத்திரக் கூட்டங்கள் இருக்கலாம் என்று நினைக்கிறார்கள். நக்ஷத்திரங்களுக்கும் நக்ஷத்திரக்கூட்டங்களுக்கும் எல்லையைக் காண முடியாமல் திகைத்துநிற்கின்றார்கள். அர்ச்சுனனுக்குக் கண்ணன் விசுவரூபம் காட்டியபோது, அவன் அதைப் பார்த்துவிட்டுத் திகைத்துபோய் "கண்ணா, உனக்குத் தொடக்கமேனும், இடையேனும், முடிவேனும் காண்கிலேன்" என்று கண்ணனைப் புகழ்ந்து பாடுவது போல, இயற்கை அன்னை காட்டிய விசுவரூபத்தைப் பார்த்து, விட்டு விஞ்ஞானிகளும் பாடுகிறார்கள்.

விசுவரூபத்தைப் பார்ப்பதற்குக் கண்ணன் அர்ச்சுனனுக்கு ஞானக்கண் கொடுத்ததுபோல, இயற்கை அன்னை விஞ்ஞானிகளுக்கு விஞ்ஞானக் கண்களைக் கொடுத்தாள். அவைதான் தூர தரிசினி (Telescope), நிற மாலை (Spectro-meter): நக்ஷத்திரங்களிலிருந்தும் நக்ஷத்திரமண்டலங்களிலிருந்தும், நாம் பெறுவது அவற்றின் ஒளிஒன்றுதான். அதுவும் மிகச் சிறிய அளவுக்குத் தான் கிடைக்கிறது. இதைக்கொண்டு அவற்றைச் சரியாகப் பார்ப்பது கூட முடிகிறதில்லை. கண்ணுக்குத் தெரியாமலும் அநேக நக்ஷத்திரங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றை எல்லாம் நன்கு புலப்படுத்துவதற்குத் தூர தரிசனி

என்னும் கருவியை இயற்றினார்கள். இதில் கண் வில்லையைப் போலப் பல மடங்கு பெரியதொரு கண்ணாடிவில்லை இருக்கும். இவ்வில்லை ஒளிக் கிரணங்களைத் தக்கவாறு குவியச்செய்து நக்ஷத்திரத்தை நன்கு புலப்படுத்துகிறது. பெரிய தூர தரிசனியில் உள்ள வில்லையின் விட்டம் சாதாரணமாக நாற்பது அங்குலம் இருக்கும். அதாவது அதன் பரப்பு விஸ்தீரணம் சுமார் ஆயிரத்து நூற்றிருபது சதுர அங்குலம் இருக்கும். நம்முடைய இயற்கைக் கண் வில்லையின் பரப்பு விஸ்தீரணம் ஒரு சதுர அங்குலத்தில் இருபத்தைந்தில் ஒரு பங்குக்கும் குறைவாக இருக்கும். ஆகையினால் கண் வில்லையை விடத் தூர தரிசனியில் உள்ள வில்லையின் பரப்பு நாற்பது ஆயிரம் மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். எனவே இதன்மூலம் கண்ணில் நேராக விழும் ஒளியின் அளவைவிட நாற்பது ஆயிரம் மடங்கு அதிகமான ஒளியைப் பெறலாம். இத்துடன் மற்றொரு வில்லையையும் சேர்த்துக்கொண்டு நக்ஷத்திரத்தின் படிவத்தைத் (Image) தக்கவாறு பெரிதாக்கிக் கொள்ளலாம். ஒளியில் அடங்கியுள்ள பலநிற ஒளிகளைத் தனித்தனியே பிரிக்கும் கருவிதான் நிற மாலைமானி என்பது. வெண்ணொளி என்பது பலநிற ஒளிகளின் சேர்க்கையே என்று எல்லோருக்கும் தெரியும். வானவில்லில் உள்ளதுபோல் ஏழுநிற ஒளிகள் வெண்ணொளியில் அடங்கி இருக்கின்றன. ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடியை (Prism)-க் கொண்டு வெண்ணொளியைப் பலநிற ஒளிகளாகப் பிரித்துவிட

லாம். ஒலியைப் போல ஒளியும் அலைகளாகவே செல்லுகிறது. அலைகளில் நீளம் குறைவாயுள்ள சிற்றலைகளும் உண்டு; நீளம் அதிகமுள்ள பெரிய அலைகளும் உண்டு. பலநிற ஒளிகளின் வேற்று மைக்கு அவற்றின் அலை நீளங்கள் (wave lengths) வேறு படுவதுதான் காரணம் என்று அறிந்தார்கள். ஒரு நக்ஷத்திரத்திலிருந்து வரும் ஒளியைத் தூரதரி சனியில் ஏற்று, அதில் அடங்கியுள்ள பலநிற ஒளிகளை நிறமாலை மானியால் பிரித்துப் படமும் பிடித்து விடுவார்கள். படத்தைச் சோதித்து, நக்ஷத் திரத்தின் நிலைமையைப் பற்றிய விவரங்கள் எல்லாம் அறியப்படும்.

நக்ஷத்திரங்களின் பிரகாசத்தைக் கொண்டு அவை இருக்கும் தூரத்தைக் கணக்கிடுகிறார்கள். எல்லா மோட்டார் வண்டிகளிலும் ஒரே மாதிரி யான விளக்குகள் இருக்குமானால் அவை செல்லும் போது அவ்விளக்குகளின் பிரகாசத்தைக்கொண்டு அவை ஒவ்வொன்றும் இருக்கும் தூரத்தைக் காண முடிவது போல, குறிப்பிட்ட தூரத்திலுள்ள ஒரு நக்ஷத்திரத்தின் பிரகாசத்துடன் மற்ற நக்ஷத்திரங் களின் பிரகாசத்தை ஒப்பிட்டு, அவை ஒவ்வொன்றும் இருக்கும் தூரத்தைக் காண்கிறார்கள். நக்ஷத் திரங்கள் ஒவ்வொன்றுக்கு மிடையே உள்ள தூரத்தை மைல் கணக்கில் சொல்லிச் சாத்தியப் படாது: தூரம் அளவு கடந்து இருப்பதால், அதை ஒளி வருஷம் (Light—year) என்ற கணக்கில் கூறுகிறார்கள். ஒளி ஒரு விநாடியில் லக்ஷத்து

எண்பத்தாருயிரம் மைல் வேகத்துடன் செல்லு கிறது. ஒரு நாளைக்கு எண்பத்தாருயிரத்து நானூற்றிருபது விநாடிகள். ஆகையினால் ஒளி ஒருநாள் பொழுதில் கடந்து செல்லும் தூரத்தைக் காணவேண்டுமானால் இரண்டு எண்களையும் பெருக்க வேண்டும். அவ்வாறு பெருக்கினால் வரும்தொகை ஆயிரத்து அறு நூறு கோடி மைல். ஒருவருஷத்துக்கு முந்நூற்று அறுபத்தைந்து நாள். எனவே ஒரு ஒளி சுமார் அரைக் கோடியே கோடி மைல் தூரம் போகும். இத்தகைய பிரம்மாண்டமான தூரம்தான் ஒளி வருஷம். நக்ஷத்திரங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரங்கள் கோடிக்கணக்கான ஒளி வருஷங்கள் என்று அறிந்தார்கள். பூமிக்கு மிக அருகிலுள்ள பிராக்ஸிமா (Proxima) என்னும் நக்ஷத்திரம் சுமார் நாலரை ஒளி வருஷ தூரத்தில் இருக்கிறது. ஸிரியஸ் (Sirius) என்னும் நக்ஷத்திரம் பூமியி லிருந்து சுமார் ஒன்பது ஒளி வருஷ தூரத்தில் இருக்கிறது. துருவ நக்ஷத்திரம் (Pole star) ஆயிரம் ஒளி வருஷ தூரத்தில் இருக்கிறது. மற்ற நக்ஷத்திரங்கள் எல்லாம் பூமியிலிருந்து ஆயிரக் கணக்கான ஒளி வருஷ தூரங்களில் இருப்பது தெரிய வந்தது.

நக்ஷத்திரங்களின் பௌதிக நிலையைப் பற்றிய விவரங்களை இப்பொழுது பார்ப்போம். நக்ஷத்திரங் களில் மிகப் பெரியதும் உண்டு; மிகச் சிறியதும் உண்டு. மிகச் சிறிய நக்ஷத்திரங்களைக் குள்ளர்கள் (Dwarfs) என்று கூறுவார்கள். நக்ஷத்திரங்கள்

வெளியிடும் ஒளியின் நிறத்தைக்கொண்டு அவற்றின் வெப்ப நிலையை அறிந்தார்கள். பழுக்கப் பழுக்கக் காய்ச்சிய இரும்பு முதலில் வெண்ணெளியையும், சற்றுக்குளிர்ந்தவுடன் மஞ்சள் ஒளியையும் பின்னும் குளிர்ந்தவுடன் சிகப்பு ஒளியையும் வெளியிடுவதைப் பார்க்கலாம். இதிலிருந்து வெப்பநிலைக்கும் ஒளியின் நிறத்துக்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை அறியலாம். நீல நிறமாகத் தோன்றும் நக்ஷத்திரங்கள் மஞ்சள் நிறமாகத் தோன்றும் நக்ஷத்திரங்களைவிட உயர்ந்த வெப்பநிலையிலும், மஞ்சள் நிறமாகத் தோன்றும் நக்ஷத்திரங்கள் சிவப்பு நக்ஷத்திரங்களைவிட உயர்ந்த வெப்ப நிலையிலும் இருப்பதுதெரிய வந்தது. சிவப்பு நக்ஷத்திரங்களின் வெப்ப நிலையை அளவிட்டபோது அவை சுமார் இரண்டாயிரம் டிகிரி சென்டிகிரேடு சூட்டில் இருப்பதைக் கண்டார்கள். மஞ்சள் நக்ஷத்திரங்கள் ஆரு யிரம் டிகிரியில் இருப்பதும், நீல நக்ஷத்திரங்கள் இருபதிஞயிரம் முதல் அறுபதிஞயிரம் டிகிரி வரை இருப்பதும் தெரிய வந்தது. ஏறக்குறைய எல்லா நக்ஷத்திரங்களிலும் பூமியில் உள்ள எல்லாத் தனிப் பொருள்களும் (Elements) தென்படுகின்றன, ஆனல் இவை எல்லாம் அதீத சூட்டினல் ஆவி நிலையில் இருக்கின்றன. நக்ஷத்திரங்களின் செறிவை யும் (Density) நிர்ணயித்து விட்டார்கள். ஒரு பொருளின் செறிவு என்பது ஒரு கன சென்டி மீடர் தண்ணீரின் எடையைக் குறிக்கும். ஒரு கன சென்டி மீட்டர் தண்ணீரின் எடை ஒரு கிராம்

இதைவிடச் சூரியனிலுள்ள பொருள்களின் சராசரி செறிவு ஒன்றரை மடங்கு இருப்பது தெரியவந்தது ஆனால் குள்ள நக்ஷத்திரங்களைச் சோதிக்கும்போது அவற்றின் செறிவு அசாத்தியமாய் இருப்பதைப் பார்த்தார்கள். ஸிரியஸ் என்பது ஓர் இரட்டை நக்ஷத்திரம். ஒன்றுக்கு ஸிரியஸ் A என்றும் மற்றொன்றுக்கு ஸிரியஸ் B என்றும் பெயர். ஒன்றையொன்று சுற்றிக்கொண்டே இருக்கிறது. இவற்றில் மிகப் பிரகாசமானது ஸிரியஸ் A என்பது. இதன் செறிவு தண்ணீரின் செறிவில் முக்கால் பங்கே இருப்பதைக் கண்டார்கள். ஸிரியஸ் B என்னும் குள்ள நக்ஷத்திரத்தின் செறிவு தண்ணீரின் செறிவைவிட ஐம்பதினாயிரம் பங்கு அதிகமிருப்பதைக்கண்டு திகைத்துப்போனார்கள். இவ்வாறாக மிகப் பெரிய நக்ஷத்திரங்கள் லேசாக இருப்பதையும் மிகச் சிறிய நக்ஷத்திரங்கள் அளவுகடந்து கனப்பதையும் கண்டார்கள்.

நாம் எப்படி பூமியில் ஜனித்து, காலப்போக்கில் பிள்ளைப் பிராயத்தைத் தாண்டி, யௌவனத்தை அடைந்து பின்னர் நடுத்தர வயதைக்கடந்து, பின்னர் விருத்தாப்பியத்தை அடைந்து இறந்துவிடுகிறோமோ அதைப்போலவே நக்ஷத்திரங்களுக்கும் கால சக்கரம் (Life cycle) உண்டு. மனிதனது பூரண ஆயுசு நூறு வருஷம்தான். ஆனால் நக்ஷத்திரங்களின் ஆயுசு கோடிக்கணக்கான வருஷங்கள் என்று அறிந்தார்கள். நக்ஷத்திரங்கள் இளம் பிராயத்தில் பெரிதாகவும் சிவப்பாகவும் இருக்கின்றன. வயது ஆக

அவை சுருங்கி மஞ்சளாகவும், இன்னும் சுருங்கி நீலமாகவும் மாறிக்கொண்டே வருவது தெரியவந்தது. வயது முதிர்ந்ததும் மிகச்சுருங்கி மறுபடியும் சிவப்பாக மாறி, சாகுமுன் சிறிதுகாலம் வெகு பிரகாசத்துடன் தோன்றி இறப்பது தெரியவந்தது. நாம் அண்டிப்பிழைக்கும் சூரியனுக்கு நடுத்தரவயது தான் ஆகிறது. எனவே இன்னும் கோடிக்கணக்கான வருஷங்களுக்குப் பயமில்லை என்று கூறுகிறார்கள்.

கடவுள் சிருஷ்டியில் ஒன்றுக்கும் அசைவற்ற நிலையே கிடையாது. நக்ஷத்திரங்களானாலும் சரி அணுக்களானாலும்சரி எல்லாம் இயங்கிக்கொண்டே இருக்கின்றன. நிறமாலை மானியைக் கொண்டு நக்ஷத்திரங்கள் செல்லும் கதியை அளவிட்டார்கள். நக்ஷத்திரங்களெல்லாம் கூட்டம் கூட்டமாக இருப்பது தெரியவந்தது. இக் கூட்டங்களுக்கு (Gallanies) என்று பெயர். ஒவ்வொரு சமூகத்திலும் பெரிதும் சிறிதுமாகக் கோடிக்கணக்கான நக்ஷத்திரங்கள் இருப்பது தெரியவந்தது, ஒவ்வொன்றுக்குமிடையே பல ஒளி வருஷங்கள் இருப்பதை அறிந்தார்கள். இத்தகைய நக்ஷத்திர சமூகங்களின் அமைப்பைப்பற்றிய விவரங்களையும் அறிந்திருக்கிறார்கள். நம்முடைய சூரியன் இருக்கும் சமூகம் ஒரு வில்லையைப்போல வட்டமாகவும் நடுவில் பருத்தும் இருப்பது தெரியவந்தது. இதன் விட்டம் எண்பதினாயிரம் ஒளி வருஷங்கள் என்று அளந்திருக்கிறார்கள். இரண்டு பக்கங்களுக்குமுள்ள இடைத் தூரம் பதினாயிரம் ஒளி வருஷம் என்றும்

சூரியன் இவ்வமைப்பின் மையத்திலிருந்து சுமார் முப்பதினுயிரம் ஒளி வருஷ தூரத்தில் இருக்கிறது என்றும் கூறுகிருர்கள். இன்னும் ஓர் விசித்திரம் என்னவெனில் இச் சமூகம் சக்கரம்போலச் சுழன்று கொண்டு ஆகாயத்தில் வெகுவேகமாக ஓடிக்கொண்டிருக்கிறதாம். இம்மாதிரி கோடிக்கணக்கான நக்ஷத்திரசமூகங்கள் இருப்பதைக்கண்டார்கள். இவையும் விரிந்துகொண்டே ஓடிக்கொண்டிருப்பது தெரிய வந்தது. சமூகங்களினிடையே ஒரு பெரிய விண்ணிய விலக்கச்சக்தி (cosmic repulsion) தொழிற்படுவதால் ஒன்றையொன்று விலக்கிகொண்டு விரிந்து போகிறதாகக் கூறுகிருர்கள். இவற்றை எல்லாம் பார்த்த அவர்கள் காலத்துக்கோ அல்லது இடத்துக்கோ (space) ஓர் எல்லே இருக்கமுடியாது என்று எண்ணுகிருர்கள். எனவே அர்ச்சுனனேப்போல இவர்களும் இத்தகைய விசுவ ரூபத்தைப் பார்த்துப் புகழ்ந்து பாடுவதில் வியப்பொன்றுமில்லே.

---

2. அணுவைப் பிளக்க, பூதம் கிளம்பிற்று!

அணுவைப் பிளக்கப் பூதம் கிளம்பிற்று என்பது கிணறு வெட்டப் பூதம் கிளம்பிற்று என்பதைப் போல வெறும் கதை என்று நினைக்க

வேண்டாம். ஜப்பானியர்களைக் கேட்டால் உண்மை தெரியும். இந்தப் பூதத்தை அடக்கி ஆளாவிட்டால் உலகத்தையே ஒரு நொடிப் பொழுதில் விழுங்கிவிடும்; விஞ்ஞானிகள் உள்படத்தான். உலகில் இன்னும் சமாதானம் ஏற்படவில்லை. இந்தப் பூதத்தை எங்கே ஏவி விடலாம் என்று அலைந்து கொண்டிருக்கிறார்கள். எனவே அணுவை யார் கண்டது, பூதத்தையார் கண்டது என்று இராமல் அவற்றைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ளுவது அவசியமாகும்.

ஏறக்குறைய இரண்டாயிரத்து ஐந்நூறு வருஷங்களுக்கு முன் டெமாக்ரிடிஸ் என்று ஒருவர் கிரேக்க நாட்டில் இருந்தார். அந்நாளில் அறிவிலும் கலையிலும் புராதன இந்தியர்களுக்குச் சரி சமானமாக இருந்தவர்கள் கிரேக்கர்கள்தான். இவரும் நம் நாட்டுப் பேரறிஞரான கணாதர் என்பவரும் ஞான திருஷ்டியினாலேயே பொருள்களெல்லாம் அணுக்களின் கூட்டங்களாக இருக்க வேண்டும் என்று கூறினார்கள். இது சரியா தப்பா என்று பார்க்க அந்நாளில் சோதனைச் சாலைகள் ஏது? எனவே இப்படிப் பல நூற்றாண்டுகள் கழிந்தன. 1810-ஆம் ஆண்டில் டால்டன் என்ற ஒரு அறிஞர் அணுவை மறுபடியும் அம்பலத்துக்குக் கொண்டு வந்தார். அச்சமயம் விஞ்ஞானக் கலை வளர ஆரம்பித்த சமயம். டால்டன் உலகப் பொருள்கள் எல்லாம் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்களினாலேயே (Elements) ஏற்பட்டவை

என்றும் ஒவ்வொரு தனிப் பொருளையும் துண்டம் செய்து பிரித்துக் கொண்டே போனால் பிரிக்க முடியாத நிலையில் துகள் கிடைக்கும் என்றும் இந்தத் துகள்தான் டெமாக்ரிடஸ் சொன்ன அணு என்றும் சொன்னார். அணுக்கள் இருப்பது வெறும் கற்பனையாயிராது, உண்மையாகத்தான் இருக்க வேண்டும் என்று மற்றவர்களும் நினைக்கலானார்கள். இருந்தாலும் அணுக்களைக் கண்ணால் பார்த்தால் தான் நம்பலாம். அவற்றைப் பார்க்க முடியுமா என்று சிலர் கேட்டார்கள்.

நாம் சுவாசிக்கும் காற்றில் கோடிக்கணக்கான தூசி துகள்கள் இருக்கின்றன. அவற்றை நாம் பார்ப்பதில்லை. ஆனால் அவற்றைப் பார்க்க முடியும். அறையிலுள்ள ஜன்னல் கதவு எல்லாவற்றையும் மூடிவிட்டு ஏதாவது ஒரு சிறு சந்தின் வழியாக உள்ளே நுழையும் சூரியவொளியைக் கவனிக்கவும். ஒளியின் பாதையில் கோடிக் கணக்கான சிறிய துகள்கள் அங்குமிங்கும் அலைவதைப் பார்க்கலாம். இவற்றின் மீது விழும் பிரகாசமான சூரிய வெளிச்சத்தை இச்சிறு துகள்கள் சிதறி அடிப்பதால்தான் நமக்கு அவை புலனாகின்றன.

ஒளி என்பது ஒருவித அலை இயக்கம் என்று அறியப்பட்டது. அலைகளில் சிற்றலைகளும் உண்டு; பெரிய அலைகளும் உண்டு. அதாவது நீளம் குறைவான அலைகளும் உண்டு; நீளம் அதிகமான அலைகளும் உண்டு. அப்படியே ஒளி அலைகளிலும்

உண்டு. ஒளி அலைகளின் நீளங்கள் வேற்றுமைப் படுவதே பல நிறமான ஒளிகள் உள்ளதற்குக் காரணம் என்று விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். சூரியனது ஒளியில் ஊதா, அவுரி, நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, சிவப்பு என்று ஏழு நிற ஒளிகள் இருக்கின்றன என்று அனைவருக்கும் தெரியும். இவற்றில் சிவப்பு ஒளி அலைக்கு நீளம் அதிகம். ஊதா ஒளி அலைக்கு நீளம் குறைவு. ஒரு பொருளை நாம் பார்க்க வேண்டுமானால் அதன்மீது விழுந்து சிதறிய ஒளியினால் தான் அதைப் பார்க்க முடியும். அதன்மீது விழும் ஒளி அலையின் நீளம் பொருளின் அளவைவிடப் பெரியதானால் நமக்குப் பொருள் இருப்பது கண்ணுக்குத் தெரியாது.

தூசி துகள்கள் எல்லாம் சூரியவொளியில் உள்ள பலநிற ஒளி அலைகளின் நீளங்களைவிடப் பெரியவை. எனவே அற்றை நாம் பார்க்க முடிகிறது. காற்றின் அணுக்கள் இவ்வொளி அலைகளை விட மிகச் சிறியவை. ஆகையால் நாம் அவற்றைப் பார்க்க முடிகிறதில்லை. நாம் கண்ணால் பார்க்கு முடியும் ஒளியில் மிகக் குறைந்த அலை நீளம் கொண்டவை ஊதா ஒளி அலைகள் தான். ஊதா ஒளி அலைகளைவிட மிகக் குறைந்த ஒளி அலைகளும் உண்டு. அவை இருப்பதைத் தக்க 'போட்டோ' தட்டுகளைக் கொண்டு படம் பிடித்துக் காட்டலாம். அணுக்களைக் கண்ணால் பார்க்க முடியாவிட்டாலும் அவற்றின் மீது விழுந்து சிதறிய மிகக் குறைந்த அலை நீளமுள்ள ஒளியினால் விளைந்த 'போட்டோ'

படங்களைக் கொண்டு அணுக்கள் இருப்பதை நிரூபிக்கலாம்.

இது இப்படியிருக்க: தாம்ஸன், ரூதர்போர்டு என்று இரண்டு விஞ்ஞானிகள் தோன்றினார்கள். அணுக்களைவிடச் சிறிய துகள்கள் இருப்பதை இவர்கள் காட்டினார்கள்.

தாம்ஸன் மின்சாரத்தைக் காற்றின் மூலம் செலுத்திச் சோதனைகள் நடத்தி வரும்போது ஒரு விநோத சம்பவத்தைக் கண்டார். உலோகத்தைப் போலக் காற்று மின்சாரத்தைச் சுலபமாகக் கடத்திச் செல்லாது. காற்றில் மின்சாரம் பாய்வதற்கு அதன் இறுக்கம் (Pressure) மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். ஒரு குழாயிலுள்ள காற்றின் இறுக்கத்தைக் குறைத்துக்கொண்டு அதனுள் மின்சாரத்தைச் செலுத்தினார். மின்சாரம் புகுந்து வெளிவரும் இடத்திலிருந்து ரயில் வண்டியில் உள்ள 'ஸர்ச்லைட்'டிலிருந்து வெளிப்படும் கிரணக்கற்றை போல ஒரு கிரணக்கற்றை வெளிப்படுவதைப் பார்த்துத் திகைத்துப் போனார். இக் கிரணக் கற்றையைச் சோதித்துப் பார்த்ததில் அதில் மிகச் சிறிய துகள்கள் இருப்பது தெரியவந்தது. இவை எல்லாம் அணுக்களைக் காட்டிலும் பன் மடங்கு சிறியதாக இருப்பதை உணர்ந்தார். அணுமீது ஒருவித மின்சாரமும் இல்லாமலிருக்க இப் புதிய துகளின் மீது குறை மின்சாரம் (negative electricity) இருப்பதைப் பார்த்தார். இத்

துகள்களுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயரிட்டார். இவை எல்லா அணுக்களிலும் இருப்பது தெரியவந்தது.

இதே சமயத்தில் பெக்குவாரல் என்ற மற்ரொரு விஞ்ஞானி வேரொரு சம்பவத்தைக் கண்டார். 'யுரேனியம்' என்று ஓர் உலோகம் உண்டு. இது ஒரு விதத் தூண்டுதலும் இல்லாமலேயே ஆற்றல் வாய்ந்த கிரணங்கள் வெளியிடுவதைப் பார்த்தார். மற்ற விஞ்ஞானிகளும் சோதனைகள் செய்து பார்த்தபோது வேறு பொருள்களுக்கும் இப்பண்பு இருப்பது தெரிய வந்தது. இவற்றில் ஒன்றுதான் 'ரேடியம்' என்பது. அதிக வீரியம் வாய்ந்த கிரணங்கள் இதிலிருந்துதான் வெளிப்படுகின்றன. இக்கிரணங்களைப் பற்றிய சோதனைகளை முதலில் செய்தவர் ருதர்போர்டு என்பவர். இவற்றில் மூன்று வகை இருப்பதை இவர் கண்டு பிடித்தார். முதல் வகைக்கு ஆல்பா-கிரணங்கள் என்றும், இரண்டாவது வகைக்குப் பீடா-கிரணங்கள் என்றும், மூன்ருவது வகைக்குக் காமா-கிரணங்கள் என்றும் பெயரிட்டார். ஆல்பா கிரணங்கள் மற்றப் பொருள்களின் அணுக்களினுள்ளே ஊடுருவிச் செல்லக் கூடுவதை அறிந்து அவற்றைக் கொண்டு சோதனைகள் செய்து அணு அமைப்பைப் பற்றிய விவரங்களைச் சேகரித்தார்.

அணு என்பது கெட்டியான துகள் அன்று அதனுள் காலியிடம் அதிகம் உள்ளது. அதில்

குறை மின்சாரத்தைக் கொண்ட மின்னுருக்களும், மிகை மின்சாரத்தைக் கொண்ட துகள்களும் இருக்கின்றன. இவற்றில் மிகை மின்சாரத்தைக் கொண்ட பகுதிக்குத்தான் மின்னுருக்களைவிட நிறை அதிகம். மிகை மின்சாரப் பகுதியானது அணுக்கரு (nucleus) என்று சொல்லக்கூடிய அளவில் மிகச் சுருங்கி இருக்கிறது. அணுக்கருவில் ஏராளமாகச் சக்தி கட்டுண்டு இருக்கிறது. அணுக்கருவைப் பிளந்து இச்சக்தியை வெளிப் படுத்தக் கூடும் என்று அணுவின் சிறப்பத்தைப் பற்றி ஓர் ஊகத்தை வெளியிட்டார்.

உடனே விஞ்ஞானிகள் அணுக்கருக்களைச் சிதைக்கச் சோதனைகள் செய்யத் தொடங்கினர்கள். அணுவைப் பிளக்க ஆல்பா கிரணங்களைக் காட்டிலும் அதிகமான சக்தி வாய்ந்த ஆயுதங்களைக் கண்டு பிடித்தார்கள். இவற்றில் ஒன்று சைக்ளோட்ரான் (cyclotron) என்னும் கருவி. கவண் கயிற்றில் கல்லை வைத்துச் சுழற்றி விட்டால் அது மிக வேகமாய் எறியப்படுகிற முறையை ஒட்டி இக்கருவி வேலை செய்கிறது. அணுவைப் பிளக்க மற்ருெரு பீரங்கியையும் கண்டு பிடித்தார் சாட்விக் என்னும் விஞ்ஞானி. இப்பீரங்கியும் ஒரு சிறிய துகள்தான். இத் துகளுக்கு அலியுரு (Neutron) என்று பெயர். இதன் மீது ஒரு வகை மின்சாரமும் இல்லாததினுல் இதற்கு இப்பெயர் தரப்பட்டது. இதுவும் அணுக்கருவிலிருந்துதான் பெறப்பட்டது.

ஜோலியோ என்பவர் பிரான்ஸிலும், பெர்மி என்பவர் இதாலியிலும் அலியுருக்களைக் கொண்டு யுரேனிய அணுக்களைச் சிதைத்து அவற்றைக் கதிரியக்கம் அதிக முள்ள அணுக்களாக மாற்ற முடியுமா என்று பார்த்தார்கள். சோதனைகள் பலித்தன. பெர்மி என்பவர் யுரேனிய அணுக்கள் சிதைந்து வரும்போது ஒரு புது தாதுப் பொருள் கிடைப்பதை அறிந்து அதற்குப் பெயரிட வேண்டிய நிமித்தம் முஸலோனியினிடம் சென்றாராம். "முஸலோனியம்" என்று இப் புது தாதுவுக்குப் பெயரிட அனுமதி கொடுக்க வேண்டும் என்று அவரைக் கேட்டாராம். இப் புதிய தாதுப் பொருளின் குணங்கள் என்ன என்று இவ்விஞ்ஞானியை அவர் கேட்டாராம். கதிரியக்கம் வாய்ந்திருப்பதால் இப் பொருள் நிலைத்திராது, சீக்கிரத்தில் வேறு பொருளாக மாறிவிடும் என்று இவர் சொன்ன போது, நிலைத்திராத பொருளுக்குத் தம் பெயரை வைக்கக் கூடாது என்று முஸலோனி சொல்லி அனுப்பிவிட்டாராம்!

இவர்கள் செய்த சோதனைகளை மேற்கொண்டு செய்தவர்களில் முக்கியமாக இரண்டு விஞ்ஞானிகள், ஓட்டோஹான், ஸ்ட்ரஸ்மன் என்பவர்கள். சில யுரேனிய அணுக்களின் சிதைவினால் ஏராளமான சக்தியைப் பெறலாம் என்று காட்டினார்கள். எவ்வித யுரேனிய அணுக்கள் சிதையும்போது இச் சம்பவம் ஏற்படுகிறது என்று ஆராய்ந்து பார்க்கும்போது யுரேனியத்தின் அணு நிறை (Atomic weight)

238 உள்ள அணுக்களும், அணு நிறை 235 உள்ள அணுக்களும், அணு நிறை 234 உள்ள அணுக்களும் கலந்து இருப்பது தெரியவந்தது. இவற்றில் அரி தாய்க் கிடைக்கும் அணு நிறை 235 உள்ள அணுக்கள் கொண்ட யுரேனியம்தான் சிதைவுக்கு ஏற்றவை என்றும் அறிந்தார்கள்.

பிரிஷ், பீயர்ல்ஸ் என்ற விஞ்ஞானிகள் அணு நிறை 235 கொண்ட அணுக்களுள்ள யுரேனியத்தைப் பிரித்தெடுத்துச் சிறந்த வல்லாயுதங்களைச் செய்யலாம் என்று கூறினார்கள். உடனே இவ்வகை யுரேனியத்தைப் பெருத்த அளவில் தயார் செய்ய முனைந்தார்கள். அமெரிக்காவில்தான் இது சம்பந்தமான சோதனைகள் நடந்தன. இப் பொருளைக் காட்டிலும் அதிகமாகக் கிடைக்கக் கூடியதும், இவ் வேலைக்கு இதைப்போலச் சிறந்ததுமாயுள்ள மற்றொரு புதுப் பொருளையும் கண்டு பிடித்தார்கள். இதற்குப் 'புளூடோனியம்' என்று பெயர். இவ்விரண்டு பொருள்களையும் அதிகமாகத் தயாரிக்க வழிகளைக் கண்டு பிடித்ததுதான் தாமதம், உடனே அணு வெடிகுண்டு தோன்றிற்று. அதன் பயனாக இரண்டாவது உலக யுத்தமும் முடிந்தது. மின்சார யுகம் போய் அணு யுகம் பிறந்தது. பாற் கடலைக் கடைந்தபோது முதலில் விஷமும் பின்புதான் அமிருதமும் கிடைத்ததாக நம் முன்னோர்கள் சொன்னார்கள். அணு சக்தியின் விஷத்தை நாம் பார்த்து விட்டோம்; அமிருதத்தை இனி பார்க்கப் போகிறோம்.

3. பட்டு

ஆடைகளுள் பட்டாடைகளில்தான் எல்லோருக்கும் விருப்பம் அதிகம். பட்டில் இயற்கைப் பட்டு என்றும் செயற்கைப் பட்டு என்றும் இரு வகையுண்டு. இயற்கைப் பட்டு, பட்டுப்புழு தயாரிப்பது. செயற்கைப் பட்டு விஞ்ஞானிகள் தயாரிப்பது. பட்டுப் புழுக்களைப்போல் பட்டு நூலைத் தயாரிப்பதென்றால் அதில் எத்தனையோ இன்னல்கள் இருக்கின்றன. அவை ஒவ்வொன்றையும் விஞ்ஞானத்தின் துணைகொண்டு விஞ்ஞானிகள் அகற்றினார்கள். இதன் பயனாக உலகெங்கும் செயற்கைப் பட்டுநூலைத் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைகள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. நம் நாட்டில் இதற்கு வேண்டிய வசதிகள் ஒருங்கே அமைந்திருப்பினும் இத்தொழிற்சாலைகள் ஏற்படவில்லை. காந்தி அடிகள் ஆடை தயாரிப்பது ஒரு கிராமக் கைத்தொழில் என்றும், எல்லோரும் இராட்டினங்களைச் சுற்றி அவரவர்கள் ஆடைக்கு வேண்டிய நூலை அவரவர்களே தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டுமென்றும், அப்பொழுதுதான் நாட்டின் வறுமைப் பிணி போகும் என்றும் கூறுகிறார். காந்தி அடிகள் உள்ளவரையில்தான் கதர் இயக்கம் இருக்குமென்றும், அவருக்குப் பின்னரோ அல்லது நாடு சுதந்தரம் அடைந்த பின்னரோ கதர் இயக்கம் இருக்காது என்றும் சிலர் நினைக்கின்றார்கள். எப்படி இருந்த போதிலும் நாட்டு மக்கள் எல்லோரும்

பட்டாடைகள் உடுத்திக்கொள்ளுமாறு குறைந்த செலவில் விஞ்ஞானத்தின் துணைகொண்டு செய்வது சாத்தியம். எனவே இத்தொழிற்சாலைகள் சீக்கிரம் ஏற்படவேண்டும். பட்டைப்பற்றிய விஞ்ஞானத்தை இக் கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

இயற்கைப் பட்டு பட்டுப் புழு தயாரிப்பது என்று கூறினேம். பட்டுப் புழு என்பது மல்பரி (Mulberry) என்னும் மரத்தில் தானிருக்கும். இதன் இலைகள்தான் இதற்கு ஆகாரம். புழு வளர்ந்து பெரிதானவுடன் அதனின்று பாகு போன்ற ஓர் உமிழ்நீர் வெளிப்படுகின்றது. இது காற்றுப் பட்டவுடன் உலர்ந்து நூலாகிவிடுகிறது. புழு இந் நூலைக்கொண்டு அதைச்சுற்றிக் கூடு ஒன்றை (Cocoon) அமைத்து விடுகிறது. இக் கூட்டைப் பிரித்தால் இதில் சாதாரணமாக ஆயிரம் கஜத் திற்கு நூல் இருக்கும். கூடு கட்டி முடிந்தவுடன் புழு பூச்சியாக மாறி, கூட்டைக் கிழித்துக்கொண்டு வெளியேறி விடுகிறது. இவ்வாறு வெளியே வந்த ஆண் பூச்சிகளும் பெண் பூச்சிகளும் சேருகின்றன. பின்னர் பெண் பூச்சிகள் முட்டையிடுகின்றன. முட்டைகள் பொரிந்து புழுக்கள் உண்டாகி வளர ஆரம்பிக்கின்றன. முதன் முதலில் இதைக் கவனித்தவர்கள் சீனர்கள்தான். புழுக்கூட்டிலிருந்து சேதமில்லாமல் நூலை எடுக்கக் கற்றுக்கொண்டார்கள். அநேக புழுக்களை வளர்த்துப் பட்டைத் தயார் செய்யலானார்கள். ஸெரிகல்ச்சர் (Sericulture) எனப்படும் இயற்கைப் பட்டுப்

பண்ணைத் தொழில் நாளடைவில் ஜப்பான், இந்தியா முதலிய மற்றத் தேசங்களுக்குப் பரவலாயிற்று. வெகுநாள் வரை பட்டு இவ்வாறே தயாரிக்கப்பட்டு வந்தது. கூட்டைக் கிழித்துக்கொண்டு புழு பூச்சியாக வெளியேறு வதற்கு முன்பே புழுவை நீராவியினால் சாகவடித்து, கூட்டிலிருந்து நூலைப் பிரித்து எடுத்துவிட வேண்டும். இல்லாவிடில் நூல் நன்றாய் இருப்ப தில்லை. எனவே இதை உணர்ந்து முட்டைகள் தயாரிப்பதற்கென்று சில பூச்சிகளைக் கொல்லாமல் விட்டு விட்டு மற்றப் புழுக்களை நீராவியினாலோ அல்லது சூடான காற்றினாலோ பட்டுப் பண்ணை களில் கொன்றுவிடுவார்கள்.

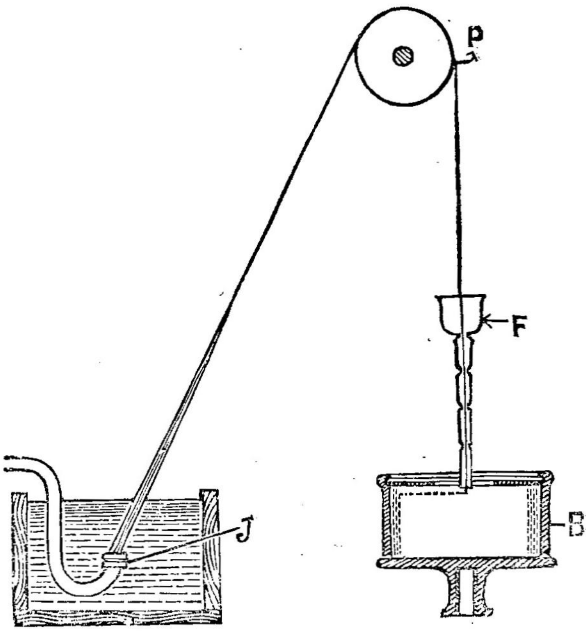
பட்டுப் புழுக்களின் வாழ்க்கையைக் கவனித்த விஞ்ஞானிகள் இப் புழுக்கள் தின்று ஜீரணித்து வெளிவிடுவதற்குக் காரணமாயுள்ள மல்பரி இலை களின் சத்தை ஆராயத் தொடங்கினார்கள். இச் சத்து மரம், செடி, கொடி, புல், பூண்டு முதலிய எல்லாத் தாவர வர்க்கங்களிலும் இருப்பதைக் கண்டார்கள். இதற்குத்தான் செலுலோஸ் (Cellulose) அல்லது மூலதாவரம் என்று பெயர். எனவே மூலதாவரத்தை மட்டும் பிரித்து எடுத்து அதைத் தக்க இரசாயனப் பொருள்களில் கரைத்து அந்நீரை ஒரு சிறிய துவாரத்தின் வழியாகப் பீரிட்டு வரச்செய்து மறுபடியும் அதை மூலதாவர மாக மாற்றிவிட்டால் பட்டு நூலைப் பெற்று விடலாம் என்ற முடிவுக்கு வந்தார்கள். இதைச்

செயல் முறையில் கொண்டு வருவதற்கு வேண்டிய விஷயங்களை ஆராயத் தொடங்கினார்கள். இவர்களுள் முக்கியமாக Count chardonnet என்ற அறிஞரையும், Topham என்ற அறிஞரையும் குறிப்பிட வேண்டும். முதல் விஞ்ஞானி இரசாயனப் பொருள்களைக் கொண்டு மூல தாவரத்தை நூலாகச் செய்வதற்கு வேண்டியபடி திரவமாக மாற்றும் வழியைக் கண்டு பிடித்தார். இரண்டாவது விஞ்ஞானி இத் திரவத்திலிருந்து நூல் நூற்பதற்கு ஒரு கருவியை (Spinneret) அமைத்தார். தற்காலம் தொழிற்சாலைகளில் பட்டைத் தயாரிப்பதற்கு நான்கு முறைகளைக் கையாளுகின்றார்கள். அவற்றுக்கு (1) Nitro cellu lose அல்லது Chardonnet முறை (2) Viscose முறை (3) Cupraammonium முறை (4) Cellulose acetate முறை என்று பெயர். இவற்றுள் Viscose முறைதான் மிகவும் பிரபலமானது. எனவே அதைச் சற்று விவரிப்போம்.

Viscose முறைக்கு வேண்டிய மூல தாவரம் மரத்திலிருந்தும் பருத்தியிலிருந்தும் பெறப்படுகின்றது. மரங்களை வெட்டி, கட்டைகளைச் சிறு துண்டுகளாகச் செய்து, பெரிய இருப்புக் கொதி கொப்பறைகளில் போட்டு, தக்க இரசாயனப் பொருள்களைச் சேர்த்து, நன்றாகக் கொதிக்கவைப்பார்கள். கொதித்த பின்னர் இதை இயந்திரத்தின் உதவியால் நன்றாக அடித்துக் கூழாக மாற்றி விடுவார்கள். இக்கூழ்தான் மூலதாவரம். இதை

வெண்ணிறமாக்கிச் சுத்தி செய்து விடுவார்கள். பின்னர் இதை அட்டைகளாகச்செய்து விற்பார்கள். இம் மரக்கூழ் அமெரிக்காவில் முக்கியமாகக் கானடா தேசத்தில் ஏராளமாகத் தயாராகி அயல் நாடுகளில் காகிதம் செய்வதற்கும், செயற்கைப் பட்டுச் செய்வதற்கும் வியாபாரம்ஆகிறது. பருத்தியி லிருந்து தயாரித்த கூழுக்கு மரக்கூழைக் காட்டிலும் பட்டுச் செய்வதற்குச் சில மேன்மைகள் இருந்த போதிலும் மரக்கூழ் விலை சரசமாகக்கிடைப்பதினால் அதையே உபயோகிக்கின்றார்கள். பட்டுத் தயாரிக் கும் தொழிற்சாலைகளில் முதன்முதலில்இம்மரக்கூழ் அட்டைகளை ஸோடாக்காரத்தில் (caustic soda) ஊறவைப்பார்கள். சில மணி நேரம் ஊறிய பின்னர் அச்சு இயந்திரத்தினால் இவற்றைச் சிறு துகள்களாக மாற்றிவிடுவார்கள். நன்றாக ஸோடாக்காரத்தில் கரைந்தபின் Carbon bisulphide என்னும் மற் றொரு திரவத்தை இதில் சேர்ப்பார்கள். இதற் கென்று தொட்டிகளுண்டு. தொட்டிகளில் கல வையை நன்றாகக் கலக்கிவிடுவதற்கு வசதி இருக் கும். இரசாயனச் சேர்க்கை முற்றுப்பெற்றவுடன் சுத்தமான தண்ணீரைச் சேர்த்து இதை நன்றாக வடிக்கட்டி விடுவார்கள். இக் கலவைக்குத்தான் Viscose என்று பெயர். இக்கரைநீரை உறையச் செய்வதும் நூலாக இழுப்பதும் ஒரே சமயத்தில் நடைபெறவேண்டும், உறையச் செய்வதற்கென்று சில இரசாயனப் பொருள்களை உபயோகிக்கின் றார்கள். இவற்றில் பலவகையுண்டு, Muller bath

என்ற ஒருவகையில் Sodium bisulphate, sulphuric Acid இரண்டையும் சேர்த்து அக் கரைநீரை உபயோகிக்கின்றார்கள். நூல் நூற்பதைச் சற்று விவரிப்போம். படத்தைப் பார்க்கவும். இதில் இடது புறமுள்ள தொட்டியி



லிருப்பது Viscose நீரை உறையச் செய்யும் கரைநீர். இதனுள்ளிருக்கும் குழாயின் வழியாக Viscose நீர் வெளிவருகின்றது. இக்குழாயின் முனையில் உள்ள மூடியில் சிறு துவாரங்கள் இருக்கும்

இம்மூடிக்கு Spinning Jet என்று பெயர். தற்காலம் துவாரங்கள் அதிகமாயுள்ள மூடியையே உபயோகிக்கின்றார்கள். இத்துவாரங்களின் வழியாகத்தான் Viscose திரவம் பீரிட்டு வெளிவரும். இது அவ்வாறு பீரிட்டு வெளிவரும்போது தொட்டியில் உள்ள கரைநீரினால் உறையச் செய்யப்பட்டு, இறுகி, நூலாக மாறிவிடுகின்றது. எல்லாத் துவாரங்களிலுமிருந்துவரும் பகுதிகளை ஒன்றாகச் சேர்த்து, ஒரு சகடை இழுக்கும். இச் சகடையைப் படத்தில் பார்க்கவும். சகடை எப்பொழுதும் நிதானமாகச் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும். அதைத் தாண்டி வரும் நூல் ஒரு புனல் வழியாக வந்து அதற்கடியிலுள்ள பெட்டியில் நுழைவதைக் கவனிக்கலாம். இப்பெட்டியும் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும். பெட்டி சுற்றும் வேகத்திற்கும் சகடை சுற்றும் வேகத்திற்கும் தகுந்தவாறு நூலில் முறுக்கேறும். பெட்டியின் உட்பக்கங்களிலேயே நூலைச் சுற்றிவிடுவார்கள். இதையும் படத்தில் பார்க்கலாம். பின்னர் நூலைக்கழுவி, வெளுத்து, அதிலுள்ள நீரை உறிஞ்சிவிட்டு, கண்டுகளாகச் செய்து விடுவார்கள். இதுதான் இம்முறையின் தத்துவம். ஆனால் இதில் அனேக தொழில் நுட்பங்கள் இருக்கின்றன. அவற்றை எல்லாம் இங்கு விவரிப்பது கஷ்டம்.

இவ்வாறு தயாரித்த செயற்கைப் பட்டு முற்றிலும் இயற்கைப் பட்டுப்போலிருப்பதில்லை. முதல் வேற்றுமை நிறத்தில்; செயற்கைப் பட்டு

இயற்கைப் பட்டைக் காட்டிலும் பகட்டாகவும் பளபளப்பாகவும் இருக்கும். இதை எவ்வாறு நிவர்த்தி செய்வது என்று முதலில் விஞ்ஞானிகளுக்குத் தெரியவில்லை. ஆராயுங்கால் செயற்கைப் பட்டின் முறுக்கையும், நெகிழ்ச்சி வன்மையையும் சற்று மாற்றுவதினால் பளபளப்பை ஓரளவுக்குக் குறைக்கமுடியும் என்று கண்டார்கள். நாலுக்கு ஓரே நிதானமாக முறுக்கேற்றினாலன்றி அதில் இடத்திற்கு இடம் நிறம் மாறுவதையும் கண்டார்கள். சில இரசாயனக் கலவைகளில் நூல்கண்டுகளை ஊறவைத்தும் பளபளப்பைக் குறைக்கலாம் என்று அறிந்தார்கள். இது சம்பந்தமாகச் செய்த சோதனைகளில் எக்ஸ்ரே படசோதனைகள் பெரிதும் பயனளித்தன. இப்படங்களின் உதவியைக்கொண்டு நூலில் உள்ள துகள்களின் அமைப்பைப்பற்றிய விவரங்கள் பலவற்றை அறிந்தார்கள். இவற்றை எல்லாம் பயன்படுத்தி இயந்திரத்தைச் சீர்திருத்திப் பட்டு நூலைத் தயாரித்து வருகின்றார்கள். இயற்கைப் பட்டுக்கும் இதற்கும் உள்ள மற்றொரு வேற்றுமை நூலின் பலம். இயற்கைப் பட்டுக்குச் செயற்கைப் பட்டுக்கு உள்ளதுபோல் அவ்வளவு பலம் இல்லாமலிருப்பதைக்கண்டார்கள். இது சாயம் போடும் போது தெரியவந்தது. சாயம் போடுவதற்குமுன் பட்டாடைகளை நீரில் நனைக்க வேண்டும். அப்பொழுது செயற்கைப் பட்டுநூல் சுருங்கி, பலம் குறைந்து நிற்பதைக் கண்டார்கள்.

முன்னர் கூறிய நான்கு முறைகளில் Cellulose acetate முறையில் தயாரித்த நூலுக்குத்தான் பலம் அதிகமாக இருப்பதும் தெரியவந்தது. பெருத்த அளவில் பட்டைத் தயாரிக்கும்போது இம்முறை அவ்வளவு இலாபகரமாக இருப்பதில்லை; ஆகையால் மற்ற முறைகளில் தயாரித்த நூலுக்குப் பலத்தை எவ்வாறு அதிகரிக்கலாம் என்று ஆராய்ந்து வருகின்றார்கள். இதுபோல இயற்கைப் பட்டுக்கும் செயற்கைப் பட்டுக்கும் வேற்றுமைகள் பலஉள. இருந்தபோதும் தற்காலம் செயற்கைப் பட்டில் ஏராளமாக ஆடைகள் செய்யப்படுகின்றன. இப் பட்டு சேர்ந்த பருத்தி ஆடைகளும் தயாராகின்றன. மற்றும் செயற்கைப் பட்டு மின்சாரத்தைக் கடத்திச் செல்லாது. இது ஓர் உகையாப்பொருள் (Non-conductor). எனவே மின்சாரத்தைக் கடத்திச் செல்லும் உலோகக் கம்பிகளுக்கு உறையாக இது பெரிதும் பயன்படுகிறது. செயற்கைப் பட்டுத் தொழில் விருத்தியானது ஒரு விசித்திரம் என்றே சொல்லவேண்டும். முதலில் இதற்கு இருந்த எதிர்ப்புக்கு அளவே இல்லை. இதன் வளர்ச்சியைப் புள்ளி விவரங்களிலிருந்து அறியலாம். 1909-ஆம் வருஷத்தில் உலகத்தில் மொத்தம் செயற்கைப் பட்டு ஒன்றரைக்கோடி பவுண்டுதான் தயாராகி விற்கப் பட்டது. 1924-ஆம் வருஷத்தில் இதைப்போலப் பத்து மடங்கு அதிகரித்தது. 1929-ஆம் வருஷம் 1924ல் இருந்ததைவிட நான்கு மடங்கு அதிகரித்தது. பட்டு மேஞட்டில் ஒவ்வொரு இடத்திலும்

செய்யப்படுகிறது. எண்ணற்ற துறைகளில் இது உபயோகப்படுகின்றது. எல்லா முறைகளையும்விட Viscose முறைதான் பெரும்பாலும் கையாளப் படுகின்றது. இத் தொழிற்சாலைகளுக்கு வேண்டிய எல்லா வசதிகளும் நம் நாட்டில் இருக்கின்றன, ஏன் இவற்றை இங்கும் ஏற்படுத்தக்கூடாது? அப் பொழுதுதான் அயல்நாட்டுப் பட்டாடைகளை வாங்குவதில் செலவழிக்கும் நமது பணம் முழுவதும் நாட்டிலேயே இருக்கச் செய்வதுடன் எல்லோருக்கும் மலிவாக இவ்வாடைகளைக் கிடைக்கும்படி செய்வதும் சாத்தியமாகும்.

---

4. தோல்

அஹிம்சையும் ஜீவகாருண்யமும் ஹிந்துக்களாகிய நமக்குப் போதிக்கப்பட்ட போதிலும் நாட்டில் வருஷந்தோறும் ஆயிரக்கணக்கான ஆடு மாடுகள் மாமிசத்துக்காகப் பலியிடப்பட்டு வருகின்றன. மாடுகளில் பெரும்பாலும் பசுமாடுகளே உபயோகப்படுகின்றன. முன்னாளில் மாமிசம் எடுக்கப்பட்ட பின்னர் இவற்றின் தோல்களை அநேகமாய் எறிந்து விடுவது வழக்கம். இவை சீக்கிரத்தில் கெட்டு, துர்நாற்றம் எடுப்பதே இதற்குக் காரணம். ஹரிஜனங்கள் இவற்றில் சிலவற்றை ஓரளவுக்குப் பதனிட்டு அவர்களின் தம்பட்டங்கள், ஏற்றம்

முதலியவற்றுக்குப் பயன்படுத்தி வந்தார்கள். சக்கிலியர்கள் செருப்பும் தைத்து வந்தார்கள். இது போலச் சிற்சிலகாரியங்களுக்கே தோல்கள் உபயோகப்பட்டு வந்தன. மேனாட்டார்கள் விஞ்ஞானத்தின் துணைகொண்டு தோல்களை வீணாக்காமல் பதனிடத் தெரிந்துகொண்டார்கள். இதன் காரணமாக அநேக துறைகளில் தோல்கள் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. எல்லாவித யந்திரங்களும் ஓடுவதற்குத் தோல் அவசியம். தேருக்கு அச்சாணிபோல யந்திரங்களுக்குத் தோல் பயன்படுகிறது. பூட்ஸுகள், செருப்புக்கள், பெட்டிகள், மெத்தை, நாற்காலிகள் முதலிய சாமான்கள் செய்வதற்குத் தோல் பெரிதும் உபயோகப்படுகிறது. தோலுக்காக மாட்டைக் கொல்லும் காலம் இது என்றுகூடச் சொல்லி விடலாம். நம் நாட்டிலிருந்து வருஷந்தோறும் சுமார் நான்கு கோடி ரூபாய் மதிப்புள்ள பதனிடாத தோல்கள் அயல்நாடுகளுக்கு ஏற்றுமதி ஆகின்றன. அவர்கள் இவற்றைப் பதனிட்டு நான்கு கோடி ரூபாயை நாற்பது கோடி ரூபாயாகச் செய்துவிடுகிறார்கள். எனவே இத்தோல்களை இனி அயல்நாடுகளுக்கு அனுப்பாமல் நம் நாட்டிலேயே பதனிடுவதற்கு வேண்டிய தொழிற்சாலைகளை ஏற்படுத்தினால் நாட்டின் பொருளாதாரச் செல்வம் வெகுவாக உயர்வதற்கு இடமிருக்கின்றது.

எல்லாப் பிராணிகளுக்கும் உடல் உறுப்புக்களைக் காப்பாற்றுவதற்காக ஏற்பட்டது தோல். முக்கியமாக, குளிர், வெப்பம் இரண்டையும் சகிக்கச்

செய்வது தோல். இதன் அமைப்பு வெகு சிக்கலானது. பல வேறு பிராணிகளின் தோல்கள் வெவ்வேருக அமைந்திருக்கும். ஆகாரம், பழக்கவழக்கங்கள், சூழ்நிலை முதலியவற்றைப் பொறுத்து, தோலின் அமைப்பு மாறுபடும். முக்கியமாகத் தோலை இரண்டு அடுக்குகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். மேலுள்ளது மெல்லியதாக இருக்கும், அடியிலுள்ளது மொத்தமாக இருக்கும். அடித் தோலைத்தான் பதனிடுவார்கள். மிருகங்கள் இறந்தவுடன் அவற்றின் தோல் எடுக்கப்படும்போது அதில் ஓரளவுக்குச் சதை ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும். இதனுல் தோல் சீக்கிரம் கெட்டுத் துர்நாற்றம் எடுத்துவிடுவதால் முதலில் தோலை உப்பில் போடுவார்கள். உப்புச் சேர்ந்தவுடன் தோலை அழிக்கும் கிருமிகள் வளம் பெறுவதில்லை. சற்று உலர்ந்தவுடன் தோல்களைக் கட்டுக்கட்டாகக் கட்டி, தொழிற்சாலைகளுக்கு அனுப்புவார்கள். இவ்வாறு உப்பிட்டு உலர்த்தப் பட்ட தோல்கள்தான் நம் நாட்டிலிருந்து ஏற்றுமதி ஆகின்றன.

தொழிற்சாலைகளில் தோலில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் சதையைத்தான் முதலில் நீக்குவார்கள். இதற்காகக் கூரான கத்திகள் கொண்ட உருளைகள் இருக்கும். இவற்றின்மீது தோல்கள் சுற்றி வரும்போது சதை முழுவதும் நன்ருகச் சுரண்டி எடுக்கப்படும். இவ்வாறு நீக்கப்பட்ட சதைத் துண்டங்களிலிருந்துதான் Glue என்னும் பசையும், Gelatin என்னும் பொருளும் தயாராகின்றன. கனம், அழுத்-

தம் இவற்றுக்குத் தகுந்தவாறு தோல்களைப் பின்னர் பிரிப்பார்கள். நன்ருக வளர்ந்து மாண்ட மிருகங் களின் தோல்கள் அழுத்தமாக இருக்கும். இவற் றைத்தான் Hides என்று கூறுவது. இளம் வயதில் மாண்ட மிருகங்களின் தோல்களையும், உடும்பு, பாம்பு, முதலிய ஜந்துக்களின் தோல்களையும் Skins என்று கூறுவார்கள். மேல் தோலேயும் அதிலுள்ள மயிர்களையும் நீக்குவதுதான் அடுத்தபடியாகச் செய்யும் வேலே. இதற்குப் புகையிலேயைப் பதனிடு வதற்குச் செய்வதுபோல ஓர் அறையில் தோல்களைப் புழுங்க வைப்பார்கள். நன்ருகப் புழுங்கிய பின்னர் சுண்ணும்புத் தண்ணீரில் ஊறப் போடுவார்கள். இதனுல் மேல் தோலும் அதிலுள்ள மயிர்களும் பலம் குறைந்து தாமாகவே விழும் பக்குவத்திற்கு வந்துவிடுகின்றன. தோல் சீக்கிரத்தில் இப் பக்கு வத்தைப் பெறுவதற்குத் தற்காலம் சுண்ணும்புத் தண்ணீரில் ஆர்ஸனிக் ஸல்பைட் (Arsenic sulphide), ஸோடியம் ஸல்பைட் (Sodium sulphide) போன்ற இரசாயனப் பொருள்களையும் சேர்த்துக் கொள்ளுகிருர்கள். பக்குவமான தோல் களை எடுத்து யந்திரத்தின் உதவியால் மேல் தோலே யும் அதிலுள்ள மயிர்களையும் நீக்கி விடுவார்கள். இவ்வாறு பிரித்து எடுக்கப்பட்ட அடித்தோலேப் பின்னும் மிருதுவாகச் செய்வார்கள். முன்னுளில் இதற்கு நாய்களின் சாணம் உபயோகப்பட்டது. தற்காலம் Bate liquor என்று கூறப்படும் ஓர் இரசாயனக் கலவைநீர் பயன்படுகிறது. இந்நீரில் அடித் தோல்களை ஊறவைப்பார்கள்.

தோலைப் பதனிடுவதற்கு இரண்டு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. ஒன்று தாவரங்களைக் கொண்டு செய்யும் முறை. மற்றொன்று இரசாயன உப்புக்களைக் கொண்டு செய்யும் முறை. தாவரங்கள் எல்லாவற்றிலும் மரவுரித் துவர்ப்பு (Tannin) என்னும் பொருளுண்டு. இது முக்கியமாகக் கருவேல மரங்களில் அதிகமாக இருக்கும். இப்பொருளை மரப்பட்டைச் சிந்தூரம் என்றும் சொல்லுவார்கள். இது தோலின் ஊன் பொருள்களுடன் (Proteins) சேரும்போது தோல் நன்றாகப் பதப்பட்டுச் சிறந்த குணங்களைப் பெறுகின்றது; அதிக பலத்தைப் பெறுகின்றது; சூட்டினாலும் ஈரத்தினாலும் பாதிக்கப் படாமல் எதிர்த்து நிற்கும் தன்மையை அடைகின்றது. தொழிற் சாலைகளில் மரப்பட்டை, இலை, வேர் முதலியவற்றிலிருந்து Tannin சத்தை இறக்குவார்கள். பின்னர் அது கலந்துள்ள நீரில் பதனிட வேண்டிய தோல்களை ஊறப் போடுவார்கள். அவ்வப்போது சிறிது தோலை நறுக்கி எடுத்து அதன் நிறத்தில் ஏற்படும் மாறுதலைக்கொண்டு முன்கூறிய Tannin, Protein சேர்க்கை முற்றுபெற்றுவிட்டதா என்று பார்த்து வருவார்கள். இச்சேர்க்கை கால தாமதமின்றி முற்றுப் பெறுவதற்குச் சில உபாயங்களையும் மேற்கொள்ளுவார்கள். உதாரணமாகத் தோல்களை முதலில் வெந்நீரில் வேக வைத்துப் பின்னர் Tannin நீரில் போடுவதுண்டு. மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சியும் இச்சேர்க்கையைத் துரிதப்படுத்துவார்கள். என்ஜின் சுற்றுவதற்கு வேண்டிய தோல்

சுருள் (leather belting) போன்ற அழுத்தமான தோல்கள் இம்முறையினால்தான் தயாராகின்றன.

நிற்க, இரசாயன உப்புக்களைக்கொண்டு தோல் பதனிடும் முறைகளை இப்பொழுது கவனிப்போம். அலுமினிய உலோக உப்புக்களைக் கொண்டு தோல் பதனிட முடிவதை நெடுநாட்களுக்கு முன்னரே அறிந்தார்கள். இருந்தாலும் இம்முறை அவ்வளவு பிரபலமாகவில்லை. இரும்பு உப்புக்களும்கூட இதற்குப் பயன்பட்டன. குரோமியம் (Chromium) உப்புக்களைக்கொண்டு தோல் பதனிடும் முறையைச் சமீபத்தில்தான் கண்டு பிடித்தார்கள். இது தற்காலம் வெகு பிரபலமாகி அனேக இடங்களில் கையாளப்பட்டு வருகின்றது. சென்னைக்கு அருகில் உள்ள குரோம் பேட்டை என்னும் ஊரில் உள்ள தொழிற்சாலையில் இம்முறையைத்தான் கையாண்டு வருகிறார்கள். இம்முறையில் இரண்டு வழிகள் உண்டு. ஒன்றில் பொடாஸியம் டைக்ரோமேட் (Potassium dichromate), ஹைட்ரோ குளோரிக் ஆஸிட் (Hydro chloric acid) என்ற இரண்டு இரசாயப் பொருள்களையும் நீரில் கலந்து அதில் பதனிட வேண்டிய தோல்களைப் போடுவார்கள். பின்னர் அவற்றை எடுத்து ஸோடியம் தியோ ஸல்பேட் (Sodium thio- sulphate) என்னும் மற்றொரு இரசாயனப் பொருள் கலந்துள்ள நீரில் போடுவார்கள். இரசாயனப் பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று சேருவதினால் குரோமிக் ஆஸிட்

(Chromic acid) என்று மற்ருெரு இரசாயனப் பொருள் வெளிப்படுகிறது. இது தோலிலுள்ள ஊன்பொருள்களுடன் (Proteins) சேர்ந்து தோலைப் பதப்படுத்துகிறது. தோல் பக்குவம் ஆனதிற்கு அவ்வப்போது அதன் நிறத்தைக் கவனித்து வருவார்கள். சிறிது துண்டை எடுத்து வெந்நீரில் போட்டுப் பார்ப்பதுமுண்டு. குரோமிய முறையில் பதனிட்ட தோலுக்கு, தாவரமுறையில் பதனிட்ட தோலைக்காட்டிலும் அதிக சூட்டையும் ஈரத்தையும் தாங்கக்கூடிய சக்தி இருப்பதைக் கண்டார்கள். இதன் பொருட்டுக் குரோமிய முறைதான் சிலாக்கியமானது என்று கூறப்படுகிறது. எண்ணெயினுல் பதனிடும் முறை (oil tanning) என்று மற்ருேர் முறை உண்டு. விலை உயர்ந்த தோல்களைத் தயாரிப்பதற்கு இம்முறையை மேற்கொள்ளுகிருர்கள். மீன்களில் Cod, Shark என்ற மீன்கள் உண்டு. இவற்றின் கொழுப்பு எண்ணெய் இதற்குப் பயன்படுகிறது. இவற்றின் எண்ணெயைத் தோலில் தடவி யந்திரத்தைக்கொண்டு நன்ருகத் தேய்ப்பார்கள். இவ்வாறு பலமுறை செய்து எண்ணெயை உட்செலுத்துவார்கள். தோல் நன்ருகப் பதமானவுடன் நிறுத்திவிடுவார்கள். Chamois தோல் என்பது இம்முறையில் தயாரிக்கப்பட்டதுதான்.

பிராணிகளின் தோலைத்தவிர தற்காலம் செயற்கைத் தோலையும் (Artificial leather) தயாரித்து வருகின்ருர்கள். மிருக பலியில்லாம

லேயே தோல் தயாரிக்கப்படும் முறை இது. அஹிம்சையில் நம்பிக்கை உள்ளவர்களுக்கு இம் முறை திருப்தி அளிக்கும். ஆனால் இவ்வாறு தயா ரித்த தோலுக்குப் பிராணிகளின் தோலைப்போலக் கனம், அழுத்தம் ஏற்படுவதில்லை. இம்முறையைச் சீர்படுத்தி, பிராணிகளின் தோலைப்போலச் செயற் கைத்தோலையும் சீக்கிரத்தில் செய்து விடுவார்கள் என்று தெரிகிறது. பருத்திஆடைகளின் மீது சில இரசாயனப்பொருள்களைத்தடவி அவற்றுக்குத் தோலின் தன்மையை உண்டாக்கி விடுகின்றார்கள். இதுதான் இம்முறையின் தத்துவம். ரப்பர் பாகும் இவ்வேலைக்குப் பயன் படுகிறது. தற்காலம் இம்முறை அமெரிக்காவில் பிரபலமாயிருக்கிறது. இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட தோலைக்கொண்டுதான் மோட்டார் வண்டியிலுள்ள மெத்தைகளையும், வீடுகளில் உபயோகிக்கும் நாற்காலி மெத்தை களையும், அந்நாட்டில் தயாரித்து வருகின்றார்கள். அங்கே பிரதிவருஷமும் ஐந்து கோடி கஜம் தோல் இம்முறையில் தயார் ஆவதாகக் கூறப்படுகிறது. இதுபோன்ற தொழிற்சாலைகள் ஏற்படுவதற்கு நம் நாட்டிலும் அநேக வசதிகள் இருக்கின்றன. அவற்றை ஏற்படுத்துவது நமது கடமையாகும்.

5. ரப்பர்

ரப்பர் தொழிலின் செல்வாக்கு உயர்ந்தது இந் நூற்றுண்டில்தான். மோட்டார் வண்டிகளும், சைக்கிள் வண்டிகளும்தான் இதற்கு முக்கிய காரணம். வாழ்க்கையின் பல துறைகளில் ரப்பர் உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. ஆஸ்பத்திரிகளில் டாக்டர்கள் ரப்பர் துணியைக் கட்டிக்கொண்டு நோயாளிகளுக்கு ஆபரேஷன் தொடங்குவதைக் கவனிக்கிறோம். அத்துடன் கை விரல்களில் Gloves என்று சொல்லப்படும் கையுறையையும் மாட்டிக் கொள்ளுகிறார்கள். மேலும் நோயாளிகளைக் கட்டில் களில் படுக்க வைப்பதும் ரப்பர் துணியில்தான். ஏன்? ரப்பரை நீர் நனைப்பதில்லை, சுலபமாக அலம்பி விட முடிகிறது, எடுப்பதற்கு மிருதுவாக இருக் கிறது, லேசாகவும் இருக்கிறது. எனவே ரப்பர் இவ்வேலைகளுக்குப் பயன்படுவதில் ஆச்சரியம் ஒன்று மில்லை. தற்காலம் மழைக் கோட்டுக்களும் ரப்பரைக் கொண்டுதான் தயார் செய்கின்றார்கள். மற்றும் ரப்பருக்கு நீண்டு சுருங்கும் சக்தி அதிகம். இதனால் அதிர்ச்சியைக் கிரகிக்கும் சக்தியும் இதற்கு அதிகம். எனவே யந்திரங்கள் ஓடும்போது உராய்வினால் ஏற்படும் பெருத்த சத்தத்தை ரப்பரைக்கொண்டு ஓரளவுக்குக் குறைக்க முடிகின்றது. தற்காலம் சிமண்டினால் வீதிகள் போடுவதுபோல ரப்பர் வீதி களும் போடப்படுகின்றன. மேலும் ரப்பர் மின்சா ரத்தைக் கடத்திச் செல்லாது. ஆகையினால் மின்சா

ரத்தைக் கடத்திச் செல்லும் உலோக கம்பிகளுக்கு உறையாக ரப்பர் உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. ரப்பரைத் தயாரிக்கும்போது அதில் தக்க பொருள்களைச் சேர்ப்பதினால் அதற்கு நாம் வேண்டுகிற குணங்கள் அமையுமாறு செய்ய முடிவதால் ரப்பரின் உபயோகம் சொல்லி முடியாது.

ரப்பர் ஒரு மரத்தின் பால். பலாமரம், ஆலமரம் இவற்றின் பாலைப்போல வெண்மையாகவும் சற்றுப் பிசுக்காகவும் இருக்கும். முதன்முதலில் இம்மரங்கள் தென் அமெரிக்காவில்தான் இருந்தன. இவை வளர்வதற்கு அதிக உஷ்ணமும் அதிக மழையும் வேண்டியிருப்பதைக்கண்டு ரப்பர்செடிகளைத் தென்அமெரிக்காவிலிருந்து கொண்டுவந்து முதலில் இலங்கைத் தீவில் பயிராக்கினார்கள். இங்கு இம்மரங்கள் நன்றாக வளர்ந்ததைப் பார்த்து மலாய் நாட்டிலும் பயிராக்கப்பட்டன. பின்னர்மலையாளத்தில்மேற்குத் தொடர்ச்சி மலைச் சரிவுகளில் இம்மரங்கள் பயிராக்கப்பட்டன. இதுபோல ஆசியா, ஆபிரிக்கா கண்டங்களின் பல பாகங்களில் ரப்பர் எஸ்டேட்டுகள் உண்டாகி இம்மரங்கள் பயிராக்கப்பட்டு வருகின்றன. உலகத்தில் கிடைக்கும் மொத்த ரப்பரில் எண்பது பங்கு எஸ்டேட்டுகளிலிருந்துதான் பெறப்படுகின்றது. 1903-ஆம் ஆண்டில் எஸ்டேட்டுகளிலிருந்து பெற்ற ரப்பர் இருபத்தைந்து டன்; 1919-ஆம் ஆண்டில் பெற்ற ரப்பர் மூன்றரை லக்ஷம் டன். எனவே எஸ்டேட் ரப்பர் பெருகிய விதத்தை அறியலாம்.

ரப்பர் மரங்கள் வளர்ந்து ஐந்து வருஷங்கள் ஆனவுடன் அவற்றிலிருந்து பால் எடுக்கலாம் என்று கூறுகின்றார்கள். பால் எடுக்கும்போது மரத்துக்குக் கெடுதல் இல்லாமல் எடுக்கவேண்டும். இதைச் செய்வது சற்றுக் கடினம். முதலில் மரப் பட்டையில் சுமார் ஐந்து அல்லது ஆறு அடி உயரத்திற்கு நீள வாட்டத்தில் சில வெட்டுக்கள் போடுவார்கள். அவற்றிலிருந்து மரத்தைச் சுற்றிச் சரிவாகக் கீழ் நோக்கிப் பக்க வாட்டத்திலும் வெட்டுக்கள் போடுவார்கள். இப் பக்கவாட்ட வெட்டுக்களின் ஆழம் வரவரக் குறைந்துகொண்டே வரும். பால் இப்பக்க வாட்ட வெட்டுக்களின் மூலமாகத்தான் வடிந்து கொண்டிருக்கும். அதைச் சேகரிப்பதற்கு மரத்துக்கு அடியில் ஒரு சிறு கொட்டாங்கச்சியை வைத்திருப்பார்கள். வெட்டுக்கள் போடும்போது கவனமாகப் போடவேண்டும். வெட்டுக்களின் ஆழம் அதிகமாகிவிட்டால் மரப்பட்டையின் வளர்ச்சி கெட்டுவிடும். ஆழம் குறைவாகிவிட்டால் பால் நன்ருகச் சுரக்காது. எனவே இதைச் செய்வதற்கு நல்ல பழக்கம் வேண்டும். இவ்வாறு பல மரங்களினின்று இறக்கிச் சேமிக்கப்பட்ட பாலை இறுக வைக்க வேண்டும். இதற்கு மரத்துடுப்பினுல் ஓயாமல் பாலைக் கலக்கிக்கொண்டு கரிப்புகையை அதனுள் செலுத்துவார்கள். அப்பொழுது பால் உறைந்து ரப்பர் சத்து மிதக்கும். பின்னர் இச் சத்தை வடிகட்டி எடுத்துவிடுவார்கள். முற்காலம் இம் முறையைத்தான் உபயோகித்து வந்தார்கள்

ஆனால் தற்காலம் எஸ்டேட்டுகளில் பாலைத் தோய்ப்பதற்கு அதில் Acetic acid என்னும் காடியை ஊற்றுவார்கள். பின்னர் தோய்ந்து மிதக்கும் ரப்பர் சத்தைப் பிரித்தெடுத்து, தகடுகளாகச்செய்து உலர்த்தி விடுவார்கள். இத் தகடுகளை ரப்பர் தொழிற்சாலைகளுக்கு அனுப்பிவிடுவார்கள்.

இவ்வாறு மரப்பாலிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ரப்பரை அப்படியே உபயோகிக்க முடிவதில்லை. ஏனெனில் இந்நிலையில் இது பிசுக்காயும், மிக மிருதுவாயும், வலுக் குறைந்தும் இருக்கும். மற்றும் குளோரோபாம், நாப்தா, பெண்ஜின் முதலிய இரசாயனப் பொருள்களில் சுலபமாகக் கரைந்துவிடும். எனவே தோலைப்போல ரப்பரையும் தொழிற்சாலைகளில் பதனிடுகிறார்கள். பதனிட்ட ரப்பர் முற்கூறிய இரசாயனப் பொருளில் கரையாதிருப்பதுடன் வலுமிகுந்தும் நெகிழ்ச்சியுடனும் இருக்கும். பதனிட்ட பின்புதான் நாம் விரும்பும் எல்லாப் பண்புகளும் ரப்பருக்கு உண்டாகின்றன. ரப்பர் பதனிடுவதை Vulcanization என்று கூறுவார்கள். முதன் முதலில் ரப்பர் பதனிடும் முறையைக் கண்டுபிடித்தவர் Good year என்னும் அமெரிக்க விஞ்ஞானி. இவர் பெயரில் விளம்பரப் படுத்தப்படும் மோட்டார் டயர்களைப்பற்றி அனைவரும் கேள்விப்பட்டிருக்கலாம். இவர் ரப்பரில் சிறிது கந்தகத்தைச் (Sulphur) சேர்த்துக் காய்ச்சினார். கந்தகச் சேர்க்கையினால் ரப்பருக்கு உரம் நெகிழ்ச்சி முதலிய நற்குணங்கள் ஏற்படுவதைக் கண்டார்.

இதன் விளைவாக ரப்பர் பதனிடும் தொழில் வளர ஆரம்பித்தது. தற்காலம் இம்முறையைத் தவிர வேறு இரண்டு முறைகளும் உபயோகப் படுகின்றன. இவை இரண்டும் வெப்பத்தின் உதவி இல்லாமலேயே ரப்பரைப் பதனிடும் முறைகள். எனவே இவற்றைக் குளிர்ச்சிப் பதனிடும் முறைகள் என்றும், Good Year கண்டுபிடித்த முறையை உஷ்ணப் பதனிடும் முறை என்றும் கூறுவார்கள். இம் மூன்று முறைகளிலும் பிரசித்தமானதும் பல இடங்களில் கையாளப்படுவதும் Good Year முறைதான். இம் முறையில் நூற்றுக்கு ஐந்து மடங்கு கந்தகமும், தொண்ணூற்றைந்து மடங்கு ரப்பரும் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். எஸ்டேட்டுகளிலிருந்து வரும் ரப்பரின் தராதரம் வெவ்வேருக இருப்பதினுல் முதலில் ரப்பரை ரகவாரியாகப் பிரித்துக்கொள்வார்கள். பின்னர் அதைச் சுத்திசெய்வார்கள். இதைப் போல, கந்தகத்தையும் சுத்தி செய்துகொண்டு அதை ரப்பருடன் முற்கூறிய அளவுக்குக் கலப்பார்கள். கலக்குமுன் கந்தகம் மாவாகச் செய்து கொள்ளப்படும். கந்தகம் சீக்கிரத்தில் ரப்பருடன் கலப்பதற்காகச் சில இரசாயனப் பொருள்களை இக் கலவையுடன் சேர்ப்பார்கள். அவற்றில் முக்கியமானவை Aniline oil, Red lead, White lead, Magnesium oxide முதலிய பொருள்கள். பதனிட்ட ரப்பரின் எடை அதிகரிப்பதற்காக வேறு சில இரசாயனப் பொருள்களையும் சேர்ப்பார்கள். அத்துடன் ரப்பருக்கு நிறத்தைக் கொடுப்பதற்

காகவும் சில இரசாயனப் பொருள்களைச் சேர்ப்பார்கள். எல்லாவற்றையும் சேர்த்தபின் இக் கலவையை இறுக்கிய நீராவியினால் சூடு செய்வார்கள். கந்தகச் சேர்க்கை முற்றிலும் முடிந்தவுடன் பதனிடுவதை முடித்துவிடுவார்கள். கந்தகத்தை அதிகமாகச் சேர்த்துவிட்டால் ரப்பர் கடினமாகிவிடும். கந்தகம் மிகுந்த ரப்பரைத்தான் Vulcanite என்றும் Ebonite என்றும் கூறுவார்கள். சாதாரண ரப்பரும் காலப் போக்கினால் கடினமாகிவிடும். இவ்வாறு கெட்டுப்போன பதனிட்ட ரப்பரைத் தக்க திராவகங்களைக்கொண்டு கரைத்து, ரப்பரை மட்டும் பிரித்தெடுத்து மீண்டும் பதனிடுவதற்கு உபயோகிப்பார்கள்.

இப்பொழுது குளிர்ச்சி முறைகளின் தத்துவத்தைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். இவை ஒன்றில் கந்தகமும் Sulphur Chloride என்னும் பொருளும் கலந்த திரவத்தில் பதனிடவேண்டிய ரப்பரைப் போடுவார்கள். ஆவி நிலையில் வைத்துக்கொண்டும் ரப்பரைப் பதனிடுவது உண்டு. மற்றொரு முறையில் Sulphur dioxide, Hydrogen Sulphide என்ற வாயுக்களின் சேர்க்கையில் ரப்பரைப்போடுவார்கள். இவ் வாயுக்கள் சேரும்போது வெளிப்படும் கந்தகம் ரப்பருடன் கலந்து ரப்பர் பதனிடப்படும். பதனிட்ட ரப்பரைக்கொண்டு செய்யவேண்டிய பொருள்களுக்குத் தகுந்தவாறு பதனிடும் முறைகளில் சிற்சில மாறுதல்களைச் செய்துகொள்ளுவார்கள். உதாரணமாக, பதனிட்ட ரப்பரை உயர்ந்த

சூட்டுக்குக் காய்ச்சின பின்னரே மோட்டார் டயர், பேப்பர் மெஷின்களுக்கு வேண்டிய ரப்பர் சுருள் முதலியவற்றைத் தயாரிக்க வேண்டியிருக்கிறது. அவ்வாறு உயர்ந்த சூட்டை அடையும்போது ரப்பரின் தன்மை மாருமல் இருப்பதன் பொருட்டுச் சிலவித எண்ணெய்களேயும் சேர்த்துக்கொள்ளுவார்கள். இதற்குப் பருத்திக்கொட்டை எண்ணெய், தெங்கு, கமுகு முதலிய மரங்களிலிருந்து தயாரித்த எண்ணெய் இவற்றை உபயோகிக்கின்ருர்கள்.

தற்காலம் இயற்கை ரப்பரைத்தவிர செயற்கை ரப்பரையும் தயாரித்து வருகின்ருர்கள். மரப் பாலிலிருந்து கிடைத்த ரப்பரைச் சோதித்து அதே குணங்கள் கொண்ட சில இரசாயனப் பொருள் களேக் கண்டுபிடித்தார்கள். இவற்றில் முக்கிய மானவை Isoprene, Butadiene என்னும் பொருள் களாகும். இவற்றைக்கொண்டு மின்சாரத்தைக் கடத்திச்செல்லும் கம்பிகளுக்கு உறைகளேச் செய்து வருகின்ருர்கள். சைகிள் டயர்களேச் செய்வதற்கும் இப்பொருள்கள் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. ஆனுல் செயற்கை ரப்பருக்கு இயற்கை ரப்பரைப் போலப் பலம் கிடையாது. எனவே செயற்கை ரப்பரில் தயாரித்த பொருள்கள் சீக்கிரத்தில் கெட்டு விடுகின்றன. இருந்த போதிலும் செயற்கை ரப்பரின் உபயோகம் நாளுக்குநாள் அதிகரித்துக் கொண்டு வருகிறது.

நம் நாட்டிலும் அருகிலுள்ள இலங்கை, மலாய் முதலிய நாடுகளிலும்தான் ரப்பர் மரங்கள் ஏராள

மாய் வளர்ந்துவருகின்றன. மோட்டார் வண்டித் தொழிற்சாலைகளுக்கு வேண்டிய மூலப் பொருள் களில் ரப்பர் ஒன்று. இவ்வசதியைப் பயன்படுத்தி இரண்டாவது உலகப்போர் தொடங்குவதற்கு முன் நம் நாட்டிலேயே மோட்டார் வண்டிகளைச் செய்ய அநேகர் தயாராக இருந்தார்கள். இந்திய சர்க்கார் அதற்குப் போதிய ஆதரவு அளிக்காத தினுல் தொழிற்சாலைகள் ஏற்படவில்லை. சண்டை நிமித்தமாக நமது சர்க்கார் சுமார் ஐம்பதுகோடி ரூபாய்களுக்கு அயல்நாடுகளிலிருந்து மோட்டார் வண்டிகளைத் தருவித்திருக்கின்றுர்கள் என்று கூறப்படுகிறது. அப்பொழுது இங்கு மோட்டார் தொழிற்சாலைகள் ஏற்பட்டிருந்தால் இவ்வளவு பணமும் நம் நாட்டிலேயே செலவாகி இருக்கும். வசதிகள் இருந்தும் பயன்படுத்திக்கொள்ளவில்லை. வெண்ணெயை வைத்துக்கொண்டு நெய்க்காக அழுகிறோம். இனிமேலாவது மோட்டார் வண்டித் தொழிற்சாலைகளை நம் நாட்டிலேயே ஏற்படுத்த வேண்டும்.

6. அரக்கு

அரக்கு என்பது பெரும்பாலும் பூச்சுப் பிசினைச் குறிக்கும். பிசினில் மரப்பிசின் என்றும், பூச்சிப் பிசின் என்றும் இரண்டு வகை உண்டு. பாலுள்ள மரங்கள் எல்லாவற்றிலும் மரப்பிசின் கிடைக்கும். முக்கியமாகக்கருவேலமரம்,பலாமரம், முருங்கைமரம் இவற்றின் பிசின் தமிழ் நாட்டில் பிரசித்தம். பூச்சிப் பிசினிலும் இரண்டு வகை உண்டு. ஒன்றுக்குத் தேன் மெழுகு Bees wax என்று பெயர். தேன் அடையிலிருந்து தேனைப்பிழிந்து எடுத்தபின் அடையை வெந்நீரில் உருகவைத்து இதைத் தயாரிப் பார்கள். பூச்சிப் பிசினின் மற்றொரு வகையை லாக்கை (Lac) என்னும் பூச்சி தயாரிக்கின்றது. இதுதான் பெருத்த அளவில் உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. முன்னாளில் இப்பிசினில் கலந்துள்ள சாயச்சத்துதான் துணிகளைச் சாயம் போடுவதற் குப் பயன்பட்டு வந்தது. விஞ்ஞானத்தின் உதவி யால் எண்ணற்ற இரசாயன சாயச் சரக்குகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டபின், இப் பூச்சிப்பிசினில் உள்ள சாயச்சத்து இவ் வேலைக்குப் பயன்படுவ தில்லை. இருந்தபோதிலும் இப்பூச்சிப் பிசின் மற் றத் துறைகளில் ஏராளமாகப் பயன்பட்டு வருகின் றது. இசைத்தட்டுகள் தயாரிப்பதற்கு வேண்டிய முக்கியப் பொருள் இதுவே ஆகும். உலகத்தில் கிடைக்கும் மொத்தப் பிசினில் சரிபாதி இசைத் தட்டு தயாரிப்பதற்கு உபயோகப்பட்டு வருகின்

றது. மரச் சாமான்களைக் கெடாமல் பாதுகாப்ப தற்கு அவற்றின்மீது பூசப்படும் வார்னிஷ் எண் ணெய் இப்பொருளைக் கொண்டுதான் தயாரிக் கின்றார்கள். மற்றும் தபாலாபீஸில் கவர்களை ரிஜிஸ்டர் செய்வதற்கு உபயோகிக்கும் முத்திரை அரக்கு இதிலிருந்துதான் செய்யப்படுகின்றது. இப் பிசின் முழுவதும் இந்தியாவிலிருந்துதான் பெறப் படுகின்றது. நம் நாட்டிலிருந்து இப்பொருள் அமெ ரிக்கா, ஐரோப்பா, ஜப்பான் முதலிய நாடுகளுக்கு ஏற்றுமதி ஆகிவருகிறது. இது அகப்படும் விதத்தைப் பற்றியும் இதன் உபயோகத்தைப் பற் றியும் இனி கவனிப்போம்.

பட்டுப்பூச்சி எவ்வாறு பட்டைத் தயாரிக் கின்றதோ அதைப்போலவே லாக்கைப் பூச்சியும் இப்பிசினைத் தயாரிக்கின்றது. இப்பூச்சிகள் பீஹார் மாகாணத்திலும், மத்திய மாகாணத்திலும் தான் அபரிமிதமாய்க் காணப்படுகின்றன. புரச மரங் களிலும், ஒருவகைக் கருவேல மரங்களிலும் இப் பூச்சிகள் வசிக்கின்றன. இம் மரங்களின் இலைகள் தான் இவற்றுக்கு ஆகாரம். இலைகள் துளிர்விடும் காலங்களில்தான் இப் பூச்சிகள் செழிக்கின்றன. இலைகளைத்தின்று பூச்சிகள் ஒருவிதப் பிசினை வெளி யிடுகின்றன. இப்பிசின் இறுகி ஒவ்வொரு பூச்சி யையும் கூட்டில் அடைத்து விடுகிறது. தவிர, இது மரத்தின் பட்டையின்மீதும், இலைகளின்மீதும், கிளைகளின்மீதும் ஒட்டிக்கொண்டு விடுகிறது. இவ் வாறு எல்லாப்பூச்சிகளிலுமிருந்து வரும் பிசின்

மரம் முழுவதையும் இலைகள் இல்லாமல் மூடிவிடுகிறது. நான்கு அல்லது ஐந்து மாதங்களில் பூச்சிகள் இதைச்செய்துவிடுகின்றன. ஆண் பூச்சிகளும் பெண் பூச்சிகளும் சேர்ந்தபின் பெண் பூச்சிகள் முட்டையிட்டுப் பொரிக்கும் புழுக்கள் மற்ற மரங்களுக்குப் பரவுகின்றன. தற்காலம் இதைப் பயிராக்குபவர்களே இப்பூச்சிகளைப்பரவச் செய்கின்றார்கள். இதற்குப் பிசின் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் கிளைகளில் சிலவற்றை வெட்டியெடுத்து, துளிர்கண்டுள்ள மற்ற மரங்களின் இலைகளின்மீது வைத்து ஆங்காங்கே கட்டி விடுவார்கள். இதனால் இப்பூச்சியின் புழுக்கள் செழித்து வளர்கின்றன. பட்டமரத்திலிருந்து இப்பிசினை நன்றாகச் சுரண்டி எடுத்து அதை பொடி செய்தபின்னர், தண்ணீரில் ஊறவைக்கின்றார்கள். இதனால் மரத்தூளைப் பிரித்து எடுத்துவிட முடிகிறது. தங்கி நிற்கும் பொடியை மறுபடியும் வெந்நீரில்போட்டு இறந்தபூச்சிகளையும், சாயச்சத்தையும் நீக்கிவிடுகிறார்கள். பொடியை உலறவைத்து கெட்டித் துணிகளில் எடுத்துக்கொண்டு அனலில் காட்டி உருகவைக்கின்றார்கள். உருகியதும் பிசின் துணியின் சிறு துவாரங்கள் வழியாகக் கசிய ஆரம்பிக்கின்றது. கசிந்துவரும் பிசினைத்தட்டி, தகடுகளாகச் செய்து விடுகிறார்கள். இந்தத் தகடுகளைத்தான் Shellac என்று கூறுவது. இப்பிசினைத் திருந்திய முறையில் தயார் செய்வதற்கென்றும், இப்பூச்சிகளைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் நடத்துவதற்கென்றும் இந்தியா கவர்ன்மெண்டார் சென்ற 1925 ஆம்

ஆண்டில் (Ranchi) ரான்சி என்னுமிடத்தில் Indian Lac Research Institute என்னும் ஒரு ஸ்தாபனத்தை ஏற்படுத்தி இருக்கிறார்கள். இங்கே இப் பூச்சிகளின் பண்ணையைவைத்து அவற்றின் வளர்ச்சியைக் கவனித்துவருவதுடன் அவற்றுக்கு ஏற்படும் இன்னல்களைத் தடுப்பதற்குவேண்டிய உபாயங்களையும் ஆராய்ந்து வருகின்றார்கள். இப்பிசினின் சில உபயோகங்களை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

மரச்சாமான்களைப் பாதுகாப்பதற்கு வார்னிஷ் என்னும் ஒரு திரவத்தை அவற்றின்மீது பூசுவது வழக்கம். இவ்வார்னிஷ் திரவங்களைத் தயாரிப்பதற்கென்று மேல் நாடுகளில் பெரிய தொழிற்சாலைகள் இருக்கின்றன. சுமார் இருநூறு தினுசு வார்னிஷ் திரவங்கள் தயாராகிவருகின்றன. மேஜையின்மீதோ அல்லது நாற்காலியின்மீதோ இதைப் பூசினால் இத்திரவம் நன்றாகப்பரவி, காய்ந்து, மேஜைக்கு ஒருவித பளபளப்பைக் கொடுக்கும். இத்துடன் காற்றிலுள்ள நீரினாலும், வெய்யிலினாலும், மேஜைக்குக் கெடுதல் ஏற்படாதவாறு காக்கும். வார்னிஷ் திரவங்களை எண்ணெய் வார்னிஷ்கள் என்றும், சாராய வார்னிஷ்கள் என்றும், ஜப்பான் வார்னிஷ்கள் என்றும் மூன்றுவகைகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளுகிறார்கள். ஒவ்வொரு வகையிலும் அனேக தினுசுகள் இருக்கின்றன. பூசவேண்டிய பொருளுக்குத் தகுந்தவாறு வார்னிஷ் திரவம் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். சாராய வார்னிஷ்களில் மிக

வும் பிரபலமானது அரக்கு வார்னிஷ் (Shellac Varnish) தான். இதைத் தயாரிப்பதற்கு நாலரை பவுண்டு லாக்கைப் பிசினும், ஒரு காலன் ஆல்ககா லும் எடுத்துக்கொள்ளப் படும். ஆல்க காலில் இப் பிசின் கரைந்து இவ்வார்னிஷ் திரவம் கிடைக்கின் றது. சாதாரணமாக இப்பிசின் ஆரஞ்சு நிறத்து டன் இருக்கும். தக்க இரசாயனப் பொருள்களைக் கொண்டு இந்நிறத்தை நீக்கி வெளுப்பாகச்செய்து, இப்பிசினை ஆல்க காலில் கரைத்துக் கொள்ளுவது முண்டு. இவ்வார்னிஷைச் சுமார் ஆறு ஏழு தடவை பூசிவிட்டால் மேஜையோ நாற்காலியோ வெகு கச் சிதமாகத் தோன்றும். அதன்மீது வீறல், விரிசல் ஒன்றும் ஏற்படாது. இப்பிசினை மற்றொரு விதத்தி லும் உபயோகிக்கின்றார்கள். மேஜை நாற்காலி முத லியவற்றைச் செய்து முடித்தவுடன் அவற்றிலுள்ள சந்து பொந்துகளை மூடுவதற்கு இப்பிசின் உபயோ கப்படுகிறது. இப்பிசினை உருக்கி அவ்விடங்களில் ஊற்றி, வார்னிஷ் அடித்துவிட்டால் சந்து பொந்து கள் இருந்த இடமே தெரியாமல் மறைந்துவிடும்.

முன் கூறியதுபோல இதைக்கொண்டு இசைத் தட்டு தயாரிப்பதுதான் இதன் முக்கிய உபயோகம். தற்காலம் ஒலியைத் தன்மீது பதிவு செய்துகொள் வதற்குத் தக்கபொருள் இது ஒன்றுதான் என்று திட்டமாகச் சொல்லிவிடலாம். ஏனெனில் இவ் வேலைக்குவேண்டிய முக்கியப் பண்புகள் இப்பொரு ளுக்குதான் உண்டு. இவற்றைக் கவனிக்குமுன் ஒரு

வர் பாடும்பாட்டை எவ்வாறு பதிவுசெய்ய முடிகி றது என்பதைச் சற்றே பார்ப்போம்.

இசைத்தட்டு எடுப்பதற்காகப் பாடவரும் வித் வானை நாதக்கட்டு வாய்ந்த ஓர் அறையில் மைக் ரோபோன் என்னும் கருவியின் முன்பாகப் பாடச் சொல்வார்கள். அப்பொழுது அவர் தொண்டையி லிருந்து கிளம்பும் ஒலி அலைகள் மைக்ரோபோனைத் தாக்கும். அவ்வப்போது அவர் உண்டாக்கும் ஒலி களின் சுருதி, முழக்கம் இவற்றுக்குத் தகுந்தவாறு ஒலி அலைகள் நெருங்கி விலகியும், வீச்சி மிகுந்து குறைந்தும் இருக்கும். இவ்வலைகள் மைக்ரோபோ னில் மோதும் போது அக்கருவியின் வழியாகச் சென்றுகொண்டிருக்கும் மின்சார அருவியில் ஏற் றத்தாழ்வு உண்டாகும். இதைப் பலமடங்கு பெருக்கி இதைக்கொண்டு பதிவுசெய்வதற்குண் டான ஊசியை இயங்குமாறு செய்கின்றார்கள். எனவே மைக்ரோபோனில் விழும் ஒலி அலைகளுக் குத் தகுந்தவாறு இவ்வூசியும் துடிக்கும். ஊசித் துடிப்புகளை முதலில் சாதாரண மெழுகில் நெளிந்த கோடுகளாகப் பதிவுசெய்து கொள்ளுவார்கள். பின் னர் இம்மெழுகு வட்டிலின்மீது காரீயத்தைத் (Graphite) தூவி, துருசு கரை நீரில் (Copper sulphate solution) வைத்து அதன் வழியாக மின்சா ரத்தைப் பாய்ச்சுவார்கள். அப்பொழுது மெழுகு வட்டிலிலுள்ள கோடுகளின் பள்ளத்திற்குத் தகுந் தவாறு தாம்பிரம் படியும். வேண்டுமென்கிற கனத் திற்குப் படிந்தவுடன் தாம்பிரத்தை வட்டிலிலிருந்து

உரித்து எடுத்து விடுவார்கள். இதைத்தான் அவர்கள் "நெகடிவ்" என்று சொல்லுகிறார்கள். இதிலிருந்து Stamper ஒன்றைத் தயாரிக்கின்றார்கள். ஓர் அச்சு யந்திரத்தின் மேற்பக்கத்திற்கு ஒரு Stamperம் கீழ்ப்பக்கத்திற்கு மற்றொரு Stamper ம்ஆக இணைத்துக்கொள்ளுகிறார்கள். இவற்றிலுள்ள கோடுகளைத்தான் நாம் உபயோகிக்கும் இசைத்தட்டுகள் ஏற்றுக்கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொருளுக்கு எத்தகைய பண்புகள் இருக்க வேண்டுமென்று இப்பொழுது பார்ப்போம். இவ்வேலைக்குப் பொருள் இளகிய நிலையில் மிருதுவாக இருக்கவேண்டியது முதல் பண்பு. அப்பொழுது தான் கோடுகள் அதன்மீது நன்றாகப் படியும், ஏற்றுக்கொண்டபின் குளிரச்செய்யும்போது இறுகி, கோடுகளை அழியாமல் பார்த்துக்கொள்ளவேண்டியது பொருளின் இரண்டாவது பண்பு. எனவே பொருளுக்கு மிருதுத் தன்மையும், கடினத் தன்மையும் ஒருங்கே இருந்தால்தான் இக்கோடுகளை நன்றாக ஏற்றுக்கொள்ள முடியும் என்று அறியலாம். இவ்விரண்டு முக்கியப் பண்புகளும் லாக்கைப் பிசினுக்குத்தான் உண்டு. எனவே இசைத்தட்டு தயார் செய்வதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் கலவைப் பொருளில் பெரும் பகுதி இப்பிசின்தான் உண்டு. இசைத்தட்டு செய்வதற்குக் கலவைப் பொருளை நன்றாகக் கொதிக்கவைத்து இளகச்செய்து, சூட்டோடு முன் கூறிய அச்சு யந்திரத்தின் இடையே ஊற்றி, இயந்திரத்தின் இரண்டு பக்கங்களையும் ஒன்றோ

டொன்று நெருங்கிவரச்செய்து Stamper களி லுள்ள கோடுகளை இப்பொருளின்மீது பதிவு செய் வார்கள். உடனே குளிர்ந்த நீரை அடித்துப் பொரு ளைக் குளிர்வித்து இறுகச்செய்து, விளிம்புகளைக் கத்தரித்து இசைத்தட்டை அச்சு யந்திரத்திலிருந்து எடுத்து விடுவார்கள். இதுதான் இசைத்தட்டு தயா ரிக்கும் முறை.

சீனு ஜப்பான் தேசத்தவர்கள் இப்பிசினைக் கொண்டு மரச்சாமான்கள்மீதும், பித்தளைச் சாமான் கள்மீதும் அருமையான சித்திரங்களை வரைகின் றார்கள். அறைகளில் அலங்காரத்துக்காக வைக் கப்படும் கூஜா, தட்டு, சிறியபெட்டி முதலிய சாமான்களை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இவற் றைத்தான் Lacquers என்று கூறுவது. இவற் றின்மீது சித்திரங்களை வரைவது ஒரு தனிக்கலை. இதில் சீனர்களைக்காட்டிலும் ஜப்பானியர்கள் அதிக சமர்த்தர்கள். சில சமயம் இச்சித்திரங்கள் வரைந்து முடிப்பதற்கு இருபதுவருஷங்கள்கூட ஆகும் என்று கூறுகிறார்கள். இப்பிசினைக்கொண்டே தட் டுகள், பெட்டிகள் முதலியவற்றைச் செய்து, பின் னர் அவற்றின்மீது சித்திரங்கள் வரைவதும் உண்டு. லாக்கைப்பிசினைத் தவிர அவர்கள் நாட்டிலிருக்கும் சில மரங்களின் பிசினையும் உபயோகிக்கின்றார்கள் என்று கூறப்படுகிறது.

லாக்கைப் பிசின் இதுபோன்ற பல காரியங்க ளுக்கு உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. இது கிடைப்

பது நம் நாட்டில்தான். இப்பொருளை ஏற்றுமதி செய்யாமல் இதை நம் நாட்டிலேயே உபயோகிக்கக் கூடிய தொழிற்சாலைகளை ஏன் ஏற்படுத்தக்கூடாது?

---

7. களி மண்

மிகப் பழங்காலம் முதற்கொண்டு இன்றுவரை மனித வாழ்க்கைக்குப் பயன்பட்டுவரும் பொருள் களிமண். களிமண் சுவரைக்கொண்ட குடிசைகளில் தான் நம் முன்னோர்கள் வசித்து வந்தார்கள். இப்பொழுதும் நம் நாட்டில் ஏழை மக்கள் வசித்து வருவது இம் மண் குடிசைகளில்தான். களி மண்ணில் செய்த ஓடுகளையும் கற்களையும் கொண்ட வீடுகள் பின்னர் தான் ஏற்பட்டன.

ஏழை மக்களுக்குப் பண்டங்களை வைக்கச் சட்டி பானைகள் தான் பயன்பட்டு வருகின்றன. மேனாட்டார்கள் ஆகாரம் உண்ணுவதற்கு உபயோகிக்கும் தட்டுகளும், கிண்ணிகளும் களி மண்ணில் செய்தவைதான். ஒரு சமயம் அவர்கள் நாட்டில் களி மண்ணை ஆகாரமாகச் சாப்பிட்டு வந்ததாகவும் கூறப்படுகிறது. மின்சாரம் மலிந்த இந்நாளில் மின்சார சக்தியைப் பல இடங்களுக்கு கொண்டு போவதற்கு உலோகக் கம்பி வேண்டியிருப்பது போல, பீங்கான் கிண்ணங்களும் அவசியம். தந்தி

மரத்தின் தலையைப் பார்த்தால் இது தெரியும். இவையும் களி மண்ணில்தான் செய்யப்படுகின்றன.

எல்லா நாடுகளிலும் மண் பாண்டங்கள் செய்வது நற் கலைகளில் ஒன்ருகக் கருதப்பட்டு வந்தது. இக் கலையில் பெயர் போனவர்கள் சீன தேசத்தவர்கள் தான். வெண் களி மண்ணில் அவர்கள் தயாரிக்கும் தட்டுக்களும், கோப்பைகளும் ஒரு சமயம் ஐரோப்பா முழுவதும் பிரபலமாக இருந்து வந்தன. இவற்றின்மீது அவர்கள் வரையும் சித்திரங்களின் சோபையைச் சொல்லி முடியாது. இப்பொழுது ஐரோப்பாவின் பல இடங்களில் இப் பாத்திரங்கள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. முதல் முதலில் சைனுவில் தயாரித்ததற்காக இன்னும் வெண்களியில் செய்த பாத்திரங்களை, "சைனு" என்றுதான் கூறுவார்கள்.

இப் பாத்திரங்கள் கையினுலேயே செய்து வந்ததுமன்றி, தற்காலம் ஆலைகளில் பெருவாரியாகத் தயாரிக்கப்பட்டு வருகின்றன. இதன் பொருட்டு இந் நற்கலையின் நுட்பங்கள் பல மறைந்து விட்டதாகச் சிலர் கூறுகின்ருர்கள். மண் பாண்டங்கள் தயாரிக்கும் விதத்தைப்பற்றியும், களி மண்ணின் விஞ்ஞான விசேஷங்களைப்பற்றியும் இனி கூறுவோம்.

நீண்ட பழக்கத்தினுல் குயவர்கள் பாண்டங்கள் செய்வதற்கு எத்தகைய களி மண்ணை உபயோ

கிக்க வேண்டுமென்று சீக்கிரத்தில் கண்டுபிடித்து விடுவார்கள். அதை எடுத்துத் தண்ணீரில் ஊற வைத்து நன்றாக மிதிப்பார்கள். மரக் கட்டையி னாலும் தட்டுவதுண்டு. மண்ணில் கலந்திருக்கும் கடின வஸ்துக்களை எல்லாம் பொறுக்கி எறிந்து விட்டுச் சில நாட்களுக்கு அதை அப்படியே வைத் திருப்பார்கள். சிலர் வைக்கோலைத் தண்ணீரில் ஊறப்போட்டு அச்சாற்றையும் சேர்த்துக்கொள் ளுவதுண்டு. இதைப்பற்றி ஒரு கதை சொல்லு வார்கள்.

எகிப்து தேசத்தில் நெடுநாளைக்கு முன்பு பரோவா என்று ஒரு அரசன் இருந்தான். இவன் இஸ்ரேலைட் என்ற வகுப்பினரை அடிமைகளாக்கிப் பல துன்பங்களுக்குள்ளாக்கி வந்தான். இவ்வகுப் பினரைத்தான் தற்காலம் யூதர்கள் என்று நாம் கூறுவது. அச்சமயம் எகிப்தில் இருந்த இஸ்ரே லைட்டுகள் பெரும்பாலும் குயவத் தொழிலைச் செய்துதான் ஜீவனம் நடத்தி வந்தார்கள். இவர் களுக்கு வைக்கோல் கொடுக்கக்கூடாது என்று அரசன் கட்டளையிட்டான். ஆகாரம் கொடுக்கக் கூடாது என்று கட்டளை இடாமல் வைக்கோல் கொடுக்கக் கூடாது என்று அவன் இட்ட கட்டளை பலருக்கு விளங்கவில்லை. இதன் காரணம் என்ன வெனில் அவர்கள் மண் பாண்டங்கள் செய்வதற்கு முன், வைக்கோலைத் தண்ணீரில் ஊறப்போட்டு அச் சாற்றையும் களி மண்ணுடன் சேர்த்துக்கொள்ளு வார்களாம். இதை அறிந்து அவர்களுக்குத் தொழில்

கஷ்டம் உண்டாக வேண்டுமென்று அரசன் அத் தண்டனையை விதித்தான்.

தற்காலம் ஆலைகளில் களி மண்ணுடன் டானின் சத்தைச் சேர்த்துக்கொள்ளுகிருர்கள். இக் கதையின் நிமித்தம் டானின் சேர்ந்த களிக்கு எகிப்துக் களி என்று பெயர் வழங்கி வருகிறது.

ஆலைகளில் களி மண்ணைச் சீர்படுத்தும் வகையைப்பற்றி இப்பொழுது சிறிது கூறுவோம். குழாய்களின் வழியாகத் தண்ணீரை பீரிட்டுவரச் செய்து அதைக்கொண்டு களி மண்ணைக் கரைப்பார்கள். சிறிதும் பெரிதுமாகக் களி மண் நீருடன் கலந்துவிடும். இதைப் பல தொட்டிகளின் மூலம் செலுத்துவார்கள். களி மண்ணில் சேர்ந்துள்ள கல் முதலிய கடின பொருள்களெல்லாம் தொட்டிகளின் அடியில் தங்கிவிடும். பின்னர் இதை வேறு சில தொட்டிகளுக்கு இறைத்து அனுப்புவார்கள். அத்தொட்டிகளில் மணல், மைகா முதலிய பொருள்கள் நீக்கப்படும். அவற்றிலிருந்து வேறு தொட்டிகளுக்கு அனுப்பப்படும். இங்கே நீண்டநேரம் வைத்திருப்பார்கள். இதனுல் களி மண் தொட்டிகளின் அடியில் படிந்துவிடும்.

நன்ருகப் படிந்தவுடன் மேல் நிற்கும் தண்ணீரை மட்டும் இறைத்து விடுவார்கள். பிறகு களி மண்ணை எடுத்து குளிர்ந்த இடங்களில் காற்றுப் படும்படியாகப் போட்டு வைத்திருப்பார்கள்.

களி மண்ணுடன் மரப்பட்டைச் சாறு, புளித்த காடி முதலியவற்றையும் சேர்ப்பார்கள். இதனால் களியின் உருவாகும் தன்மை அதிகரிப்பதாகக் கூறுகிறார்கள். இதே நிலையில் வருஷக் கணக்காகக் களியை வைத்திருப்பார்கள். புளிக்கப் புளிக்கக் களியின் தன்மை விருத்தியடையும். சீனர்கள் களி மண்ணை நூறு வருஷங்கள் வரை ஊற வைப்பதுண்டு என்று கூறப்படுகிறது.

நன்றாகப் பதப்படுத்திய களி மண்ணைக் கொண்டு மண் பாண்டங்கள் செய்வதில்தான் குயவனின் கைத்திறன் வெளிப்படும். சக்கரத்தைச் சுற்றிக்கொண்டே அதன்மீது களிமண்ணைச் சிறுகச் சிறுக வைத்து அழுத்தி, தக்க உருவம் அமையுமாறு அவன் செய்யும் விதத்தைக் கவனித்தால்தான் இக்கலையின் நுட்பங்கள் தெரியவரும். உருவத்தின் கனம் எல்லா இடங்களிலும் சீராக அமையவேண்டும். இல்லாவிட்டால் அப் பாண்டத்தைச் சூளையில் இட்டுச் சுடும்போது அதில் விரிசல் ஏற்பட்டுவிடும். எல்லாப் பாண்டங்களையும் காற்றிலும் வெய்யிலிலும் காயவைத்து, பின்னர்தான் சூளையில் வைத்துச் சுடுவான்.

ஆலைகளில் பாரிஸ் சாந்து (பிளாஸ்டர் ஆப் பாரிஸ்) என்ற பொருளில் பாண்டங்களின் உருவங்களை முதலில் தயார் செய்துகொண்டு அவற்றில் களி மண்ணைப் போட்டு எடுத்து அப் பாண்டங்களை உலர வைப்பார்கள். உலர்ந்தபின்

பெரிய சூளைகளில் இட்டுச் சுடுவார்கள். சூளைகள் தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். எல்லா இடங்களுக்கும் சீராக வெப்பம் சென்று பாண்டங்களைச் சரிவரச் சூடு செய்யுமாறு சூளைகள் அமைக்கப் பெற்றிருக்கும். அவற்றை எடுத்துச் சில திரவங்களில் முழுக்கி மறுபடியும் சுடுவார்கள். இதனால் அவற்றிற்கு மெருகு ஏறும். இத் திரவங்களைத் தக்கவாறு தயாரித்துக்கொள்ளுவார்கள்.

களி மண்ணில் வெண்களி என்று ஒருவகையுண்டு. இதற்கு கெயோலின் என்று பெயர் முதல் முதலில் இதைக் கண்டுபிடித்தவர்கள் சீனர்கள் தான். சாதாரண களிமண்ணுக்கும் இதற்கும் அனேக வித்தியாசங்கள் உண்டு. சாதாரண களி மண்ணில் செய்த பாண்டங்களை இறுக வைக்க அவற்றின் சூட்டை அதிகமாக உயர்த்த வேண்டியதில்லை. ஆனால் வெண்களியில் செய்த பாண்டங்களை இறுக வைக்க மிக உயர்ந்த சூடு வேண்டும். இதற்காக வெண் களியுடன் வேறு வகைக் களி மண்ணையும் சேர்த்துக் கொள்ளுவதுண்டு, அப்பொழுது அதிக உயர்ந்த சூட்டுக்கு உயர்த்த வேண்டியதில்லை. மற்றும் சாதாரண களிமண் பாண்டங்கள் அவற்றின் மூலம் ஒளியைப் புக விடாது. ஆனால் வெண்களியில் செய்த பாண்டங்கள் கண்ணாடியைப் போல அவற்றின் மூலம் ஒளியைப் புகவிடும். இக்காரணத்தினால்தான் வெண் களியில் செய்த கோப்பைகளையும், தட்டுகளையும் எல்லோரும் விரும்புகிறார்கள். மற்றுமோர் வித்தியாசமும்

உண்டு. சாதாரண களிமண் பாண்டங்கள் சீக்கிரத்தில் உடைந்துவிடும். ஆனால் வெண்களிப் பாண்டங்கள் சுலபமாக உடையாது. கண்ணாடியைப் போல ஒளியைத் தம் மூலம் புகவிடுவதால் வெண் களிப் பாண்டங்களின்மீது பலவித நேர்த்தியான சித்திரங்கள் வரையப்படும். இச் சித்திரங்கள் வரைவதிலும் கை தேர்ந்தவர்கள் சீனர்களும், ஜப்பானியர்களும் தான். இப்பொழுதும் விலையுயர்ந்த வெண்களிப் பாத்திரங்களின்மீது சித்திரங்கள் கையினால்தான் வரையப் படுகின்றன. ஆலைகளில் இவற்றைத் தயாரிக்கும்போது அவற்றிற்கு மெருகு கொடுத்தவுடன் சித்திரங்களையும் பதிய வைத்து மறுபடியும் சுடுவார்கள்.

சித்திரங்கள் வரைவதற்கு உபயோகப்படும் பொருள்கள் வர்ணத்துக்குத் தகுந்தவாறு வேறுபடும். உதாரணமாக, சிகப்புச் சித்திரங்கள் வரைவதற்குத் தங்கத்தை மிகச் சிறிய தூளாகச் செய்து அதைத் தக்க திரவத்தில் கரைத்துக்கொண்டு சித்திரங்கள் வரையப்படும். தற்சமயம் இங்கிலாந்து, அமெரிக்கா, ஐரோப்பா இவ்விடங்களில் எல்லாம் வெண்களிப் பாண்டங்கள் ஆலைகளில் செய்யப் படுகின்றன. இங்கிலாந்தில் வெண்களியுடன் எலும்புச் சாம்பலையும் சேர்த்துக்கொள்ளுவார்கள். எலும்புகளை நொறுக்கி, காற்றுப்படாமல் உலைகளில் சூடு செய்து எலும்புக்கரியை முதலில் தயாரித்து, பின்னர் எலும்புக் கரியைக் காற்றுப்பட நன்றாய்ச் சூடுசெய்து எலும்புச் சாம்பலைத் தயாரிப்பார்கள்.

எலும்புச் சாம்பலைச் சேர்ப்பதில் சில சௌகரியங்கள் உண்டு. முதல் சௌகரியம் பாண்டங்களின் கடினத்துவம் அதிகரிப்பது. மற்றொன்று அவற்றின் ஒளியைப் புகவிடச் செய்யும் தன்மை அதிகமாவது.

ஒரு பாத்திரத்தில் களிமண் சேர்ந்த தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு பார்த்தால் அது கலங்கலாக தோன்றுவது தெரியவரும். நீர் அணுக்களின் இடையே களிமண் தூசுகள் இருப்பதினால் இத் தோற்றம் ஏற்படுகிறது. இத் தூசுகள் மிதக்கும் விதத்தை அறிய ஓர் உதாரணத்தைக் கூறுவோம். காற்றில் கோடிக் கணக்கான தூசித் தூள்கள் எப்பொழுதும் மிதக்கின்றன. இவற்றைப் பார்ப்பதற்கு அறையை நன்றாக மூடிக்கொண்டு, கூரையிலுள்ள ஒரு சந்தின் வழியாக உள்ளே வரும் சூரிய வொளியின் போக்கைப் பார்க்கவும். இவ்வொளியின் பாதையில் எண்ணற்ற தூசுகள் அங்குமிங்கும் அலைவது நன்கு தெரியும்.

இதைப் போலவே நீரின் அணுக்களினால் உதைக்கப்பட்டு, களிமண் தூசுகளும் அங்குமிங்கும் அலைந்து கொண்டிருக்கின்றன. இத்தூசுகள் லேசான போதிலும் நீரின் அணுக்களைவிடக் கனமானவை. ஆதலால் பாத்திரத்தின் அடியில் மெதுவாகப் படிய ஆரம்பிக்கும். படிந்து நிற்பது தான் நல்ல களிமண்ணாகும். களி மண்ணுடன் எப்பொழுதும் நீர் சேர்ந்திருப்பதனால் இதை உருவாக்குவது சுலபமாக இருக்கிறது. சீக்கிரத்தில் நன்றாக உருவ

மாகும் திறன் களிக்குக் களி வேறுபடும். இவ்வேறுபாடு தூசுகளின் அமைப்பைப் பொறுத்து ஏற்படுகிறது. இத்தூசுகளுடன் வேறு சில பொருள் தூசுகளைச் சேர்ப்பதினால் உருவை ஏற்கும் திறன் அதிகரிக்கின்றது. உதாரணமாகக் டானின் சத்தை, களி மண்ணுடன் சேர்த்தால் இத்திறன் அதிகரிக்கும். களி மண்ணில் சேர்ந்துள்ள தண்ணீரை நீக்கினால் தான் இதில் செய்த பாண்டங்களுக்குக் கடினத்துவம் ஏற்படும்.

சாதாரணமாக இப்பாண்டங்கள் காற்றில் உலரும்போது சிறிது அளவுக்குத்தான் நீர் வெளிப்படும். சூளையில் வைத்துச் சுடும்போதுதான் எல்லா நீரும் வெளிப்படும். சூடு செய்யும்போது சில களி சீக்கிரத்தில் நீரைக் கக்கிவிடும். சில களியை மிக உயர்ந்த சூட்டுக்கு உயர்த்தினால் அன்றி நீரை வெளிவிடாது. நீர் வெளிப்படுவதினால் பாண்டங்களின் பரிமாணம் சுருங்கும். பரிமாணம் நாலில் ஒருபங்கு சுருங்குவதும் உண்டு. எனவே பாண்டங்களை நிதானமாகச் சுடவேண்டும். அப்பொழுதுதான் சுருங்கும்போது விரிசல் ஏற்படாது. மற்றும் பாண்டங்கள் சீரான வடிவம் பெற்றிருக்கவேண்டும். வடிவம் சரியாக அமையாவிடினும் விரிசல் ஏற்படும்.

உலகிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்களிலிருந்து பெறப்படுகின்றன என்று ரசாயனம் முடிவுக்கு வந்திருக்கிறது. களி மண்ணில் உள்ள தனிப்பொருள்

கள் யாவை என்று ஆராய்ந்தார்கள். களி மண் தூசுகளில் 'ஸிலிகன், பிராணவாயு, அலுமினியம் என்ற மூன்று தனிப்பொருள்கள் இருப்பது தெரியவந்தது. களி மண் எல்லா இடங்களிலும் கிடைக்கும். ஏனெனில் உலகில் பாதி பிராணவாயு, நாலில் ஒரு பங்கு ஸிலிகன், ஏழு சதம் அலுமினியம். எனவே இவைசேர்ந்த களிமண் எங்கும் கிடைப்பதில் வியப்பொன்றுமில்லை.

நம் நாட்டில் ஒரு பொருளுக்கும் பஞ்சமில்லை. களிமண்ணுக்கும் பஞ்சமில்லை. குயவத் தொழில் இன்னும் அழியவில்லை. நவராத்திரிக் கொலு பொம்மைகள், விளையாட்டுச் சாமான்கள் முதலிய எல்லாப் பண்டங்களையும் செய்து கலையை இன்னும் பாதுகாத்து வருகின்றார்கள். எனவே அபிவிருத்தி செய்யவேண்டிய குடிசைத் தொழில்களுள் இது ஒன்று. இந்த அபிவிருத்தியால் விஞ்ஞானம் பெரிதும் பயன்படும்.

மற்றும் திருவாங்கூரில் ஏற்படுத்தியிருப்பது போலப் பல தொழிற்சாலைகளை நாட்டின் பல இடங்களிலும் ஏற்படுத்தி, வெண் களிப் பாண்டங்கள், பீங்கான்கள், மின்சார சாமான்கள், ஜாடிகள் முதலிய எல்லாப் பாண்டங்களையும் அயல் நாடுகளிலிருந்து வாங்காமல் இங்கேயே தயாரிக்கவேண்டியது அவசியமாகும்.

---

8. பெட்ரோலியம்

நாம் உயிர் வாழ்வதற்கு உணவு அவசியமாயிருப்பதுபோல என்ஜின்கள் வேலை செய்வதற்கு உணவு அவசியம். நீராவி என்ஜின்களுக்கு ஆகாரம் நிலக்கரி. மோட்டார் வண்டிகளிலுள்ள என்ஜின்களுக்கு ஆகாரம் பெட்ரோல் எண்ணெய். பெட்ரோலியம் என்னும் எண்ணெய்க் கலவையில் உள்ள ஒரு பகுதிதான் பெட்ரோல். நிலக்கரியும் பெட்ரோலியமும் பூமியினடியிலிருந்து பெறப்படுகின்றன. சூரியனும், பூமியும் சேர்ந்து நமக்கு அளித்த மூலதனங்கள் இவை. நெடுநாட்களுக்கு முன்னர் காடுகள் அழிந்து மரம் செடிகொடி முதலிய தாவரங்கள் மண்ணில் புதைந்து கிடக்கும் இடங்களிலிருந்து நிலக்கரி வெட்டி எடுக்கப்படுகின்றது. நாம் எப்படி மரக் கட்டைகளைக் குழிகளில் போட்டு, கொளுத்தி எரியவிட்டுக் கரியாக மாற்றுகிறோமோ அதைப்போல, பூமி அதன் வெப்பத்தினால் அதனுள் புதைந்து கிடக்கும் தாவரங்களை நிலக்கரியாக மாற்றுகிறது. இதைப்போலவே பூமிக்குள் புதைந்து கிடக்கும் மாமிசாதிகள், வேறு சில தாவரங்கள் முதலியன பெட்ரோலியம் என்னும் திரவமாக மாறுகிறது. பெட்ரோலியம் கிணற்றில் உள்ள நீரைப்போலப் பூமியினடியில் இருப்பதில்லை. மணலுடன் கலந்தே இது கிடைக்கின்றது. எண்ணெய் கலந்த மணலுடன் ஒருவித வாயுவும் சேர்ந்திருக்கிறது. இவ்வாயுவின் இறுக்

கம் அதிகம். மேற்பரப்பிலுள்ள கற்பாறைகளினால் அமுக்கப்படுவதினால் பூமியினடியில் இவ் வாயு சிறைப்பட்டுவிடுகிறது.

பெட்ரோலியம் இருக்கும் இடங்களைத் தெரிந்து அவ்விடங்களில் பூமிக்குள் குழாய்களைச் செலுத்துவார்கள். எண்ணெய் அகப்படும்வரை பூமியைத் துளைத்துச் சென்று, பின்னர் தான் இரும்புக் குழாய்களைச் செலுத்துவார்கள். சில சமயம் இறுக்கம் தாங்கமாட்டாமல் பெட்ரோலியத்துடன் இருக்கும் வாயு குழாய்களின் வழியாகக் கட்டுக்கடங்காமல் வெளிவரும். இது சீக்கிரம் நெருப்புப் பிடித்துக்கொள்ளும் இயல்பு கொண்டதாதலால் சேதம் உண்டாகும். எனவே மிக்க ஜாக்கிரதையுடன் குழாய்களை இறக்கி, எண்ணெய் மட்டும் பீரிட்டு வருமாறு செய்யவேண்டும். வெளிவரும் எண்ணெயைக் குழாய்களின் வழியாகச் சுத்திசெய்வதற்கு ஆலைகளுக்கு அனுப்புவார்கள். சாதாரணமாக எண்ணெய் அகப்படும் இடத்திலிருந்து ஆலை வெகு தூரத்தில் இருக்கும்.

பிரபஞ்சத்திலுள்ள பொருள்களெல்லாம் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்களின் (Elements) சேர்க்கைகளே என்று இரசாயன விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடித்துள்ளார்கள். இரும்பு, அலுமினியம், வெள்ளி, கரி முதலியவை எல்லாம் தனிப்பொருள்களின் இனத்தைச் சேர்ந்தவையே. இவை எல்லாம் திட நிலையில் இருப்பவை. வாயு

நிலையில் உள்ள தனிப் பொருள்களும் உண்டு. நீரகம் (Hydrogen) உயிரியம் (Oxygen) வளிரம் (Nitrogen) போன்றவை வாயு நிலையில் இருக்கும் தனிப்பொருள்கள். பெட்ரோலியத்தில் உள்ள தனிப் பொருள்கள் கரியும் நீரகமும் ஆகும். இவை இரண்டும் வெவ்வேறு அளவுகளில் கலந்துள்ள பலவித இரசாயனப் பொருள்கள் பெட்ரோலியத்தில் இருக்கின்றன. இப்பொருள்களுக்கெல்லாம் நீரக கரிச்சத்துக்கள் (Hydrocarbons) என்று பெயர். இவற்றில் சில வாயு நிலையிலும் மற்றும் சில திரவ நிலையிலும் இருக்கின்றன. வாயு நிலையிலுள்ளவை திரவநிலையில் உள்ளவற்றில் கரைந்து இருக்கின்றன. பெட்ரோலியத்தைச் சிறிது சூடு செய்தவுடன் இவ்வாயுப் பொருள்கள் வெளியேறி விடும். அவற்றில் முக்கியமானவை Methane, Ethane, Pentane எனப்படும். இவை எல்லாம் சீக்கிரத்தில் நெருப்புப் பிடிக்கும் இயல்பு உள்ளவை. Methane என்னும் வாயுதான் குழாய்களை இறக்கும்போது பீரிட்டுவந்து சேதம் விளைவிப்பது. திரவநிலையில் உள்ள நீரக-சத்துக்கள் வெவ்வேறு கொதிநிலைச் சூடு (Boiling point) கொண்டிருக்கும். ஆலையில் இப் பொருள்கள் எல்லாவற்றையும் காய்ச்சி வடித்தல் (Distillation) என்னும் முறையைக் கையாண்டு தனித்தனியாகப் பிரிக்கின்றார்கள்.

பூமியிலிருந்து எடுத்த பெட்ரோலியம் கலங்கலாகவும், சற்று பழுப்பு அல்லது மஞ்சள் அல்லது பச்சை நிறத்துடனும் இருக்கும். மற்றும்

அதிலிருந்து துர்நாற்றம் வீசும். ஆலையில் பெட்ரோலியத்திலுள்ள எண்ணெய்களைத் தனித்தனியாகப் பிரிப்பதுடன் நிறத்தையும், நாற்றத்தையும் எடுத்துவிடுவார்கள். எண்ணெய்களைப் பிரிப்பதற்குப் பெட்ரோலியத்தை நன்ருக அமுக்கிக் குழாய்களின் மூலமாகக் கொதிகலத்திற்கு அனுப்புவார்கள். கொதிகலத்தில் அமுக்கம் அதிகமாயிருப்பதினுல் இத்திரவம் கொதிக்காது. சூடுமட்டும் உயரும். பின்னர் பல அறைகள்கொண்ட ஒரு கோபுர (Tower) அமைப்பின் அடிவழியாக அமுக்கம் நீக்கப்பட்டுப் பெட்ரோலியம் அனுப்பப்படும். திடீரென்று அமுக்கம் குறைவதால் பெட்ரோலியத்தின் ஒருபகுதி ஆவியாகிக் கோபுரத்தில் மேனேக்கிச்செல்லுகிறது. கோபுரத்தின் அடியிலிருந்து நீராவியையும் செலுத்துவார்கள். ஆவியாகாமல் தங்கி இருக்கும் எண்ணெய்களின் வழியாக நீராவி புகுந்து செல்லும்போது எண்ணெய்களிலுள்ள லேசான நீரக—சத்து அணுக்கள் பின்னும் பிரிக்கப்பட்டு ஆவியாக மேலெழும்பிச் செல்லும். தங்கி இருக்கும் எண்ணெய்களைக் கோபுரத்தின் வெவ்வேறு மட்டங்களில் நிற்குமாறு செய்துவிடுவார்கள். வெளியேறிச்சென்ற ஆவியைக் குளிர்வித்து எண்ணெயாகச் செய்து விடுவார்கள். இதுதான் பெட்ரோல். சாதாரணமாக நூறு காலன் (Gallon) பெட்ரோலியத்தை இவ்வாறு பிரிக்கும்போது முப்பத்தைந்து காலன் பெட்ரோல், பத்துகாலன் பாரபின் எண்ணெய் (Paraffin oil), பதினைந்து காலன் கிரோஸின், முப்பத்தைந்துகாலன் எரிஎண்

ணெய் (Fuel oil) இவை கிடைக்கும். பிரித்த எண்ணெய்களைச் சுத்திசெய்து அவற்றின் நிறத்தையும், துர்நாற்றத்தையும் போக்கிவிடுவார்கள். இதற்காகச் சில இரசாயனப் பொருள்களை எண்ணெய்களுடன் கலப்பார்கள். இவை எண்ணெய்களில் உள்ள கந்தகப் பொருள்களை நீக்கிவிடும். இதனால் துர்நாற்றம் நிறம் முதலிய கெடுதல்கள் ஏற்பட்டுவிடும். எரி எண்ணெயிலும் (Fuel oil) சில பொருள்கள் கலந்து இருக்கின்றன. இவற்றையும் தனித்தனியாகப் பிரித்து விடுவார்கள். இதிலிருந்து பெறப்படுவது மெழுகுவத்திகளுக்கு உபயோகிக்கும் மெழுகு, ரோடு போடுவதற்கு உபயோகப்படும் ஆஸ்பால்ட் (Asphalt) எண்ணெய், பிசுக்கு எண்ணெய் (Lubricating oil) முதலிய பொருள்கள்.

இனி, பெட்ரோலியத்திலிருந்து பெறப்படும் பலவிதமான பொருள்களின் உபயோகங்களைப் பற்றிச் சிறுது கூறுவோம். இப்பொருள்களில் முக்கியமானது பெட்ரோல்தான். மோட்டார் வண்டிகள், ஆகாய விமானங்கள், இவற்றிலுள்ள என்ஜின்கள் வேலைசெய்வதற்குப் பெட்ரோல் எண்ணெய்தான் உபயோகப்படுகிறது. இது சீக்கிரத்தில் நெருப்புப் பிடித்துவிடும். இது ஆவியாகும் சூடு சென்டிகிரேடு திட்டத்தில் எழுபதிலிருந்து நூறுவரை இருக்கும். என்ஜின்கள் வேலைசெய்வதற்குப் பெட்ரோலின் ஆவியையும் காற்றையும் கலந்து, அக்கலவையை இறுக்கி, மின்பொறியினால் பற்றவைப்

பார்கள். அப்பொழுது உண்டாகும் பெருக்கத்தினுல்தான் என்ஜின்கள் வேலைசெய்கின்றன. நீராவி என்ஜினைக்காட்டிலும் பெட்ரோல் உபயோகிக்கும் என்ஜினில் அநேக சௌகரியங்கள் உண்டு. கரியைக் கொண்டு நீரைக் கொதிக்கவைத்து நீராவியை உற்பத்தி செய்வதில் அதிகதொல்லைகள் உண்டு. இடமும் அதிகம் வேண்டும். இதனுல் ரோடுகளிலும், ரஸ்தாக்களிலும் வண்டிகளை ஓட்டிச் செல்வதற்கு நீராவி என்ஜின் பிரயோஜனப்படவில்லை. இவ்வேலைக்குப் பெட்ரோல் என்ஜின் வெகு சீக்கிரத்தில் பிரபலமாகிவிட்டது. கப்பல்களை ஓட்டிச் செல்வதற்கும் ஏன் பெட்ரோலையே உபயோகிக்கக்கூடாது என்று நினைக்கலாம். கப்பல்களிலுள்ள என்ஜின்களுக்கு ஆற்றல் அதிகம் வேண்டும். பெட்ரோலை உபயோகித்தால் செலவு அதிகமாகிவிடும். இதனுல்தான் மலிவாகக்கிடைக்கும் கரியைக்கொண்டே நீராவி உற்பத்தி செய்யப்பட்டு நீராவியினுல் கப்பல்கள் ஓட்டப்பட்டு வருகின்றன. பெட்ரோலியத்திலிருந்து கிடைக்கும் மற்ெருரு முக்கியமான பொருள் கிரோஸின். இதைத்தான் மண் எண்ணெய் என்று நாம் கூறுவது. பெட்ரோலியத்திலிருந்து பெற்ற பொருள்களில் முதன் முதலில் உபயோகிக்கப்பட்டது மண் எண்ணெய் தான். எல்லா நாடுகளிலும் இராக்காலங்களில் ஏழை மக்களின் விளக்குகளுக்கு இன்னும் உபயோகப்பட்டு வருவது மண் எண்ணெய்தான். பெட்ரோலியத்தின் மற்ெருரு முக்கியமான பொருள் எரிஎண்ணெய்

(fuel oil), இது பெரிய என்ஜின்கள் (Diesel-Engines) வேலை செய்வதற்கு உபயோகப்படுகிறது. எல்லாவித ஆலைகளிலும் உள்ள என்ஜின்களைச் சிக்கல் இல்லாமல் ஓடச்செய்வதற்குப் பிசுக்கு எண்ணெய் (Lubricating oil) அவசியம். இதுவும் பெட்ரோலியத்திலிருந்துதான் பெறப்படுகிறது. பெட்ரோலியத்திலிருந்து கிடைக்கும் மற்றொரு பொருள் மெழுகு (wax). இது பெரும்பாலும் மெழுகுவத்திகள் (wax candles) செய்வதற்கும், பழங்களை வைத்து டப்பாக்களை மூடுவதற்கும் மழைக் கோட்டுகள் (Rain coats) தயாரிப்பதற்கும் உபயோகப்படுகிறது. சமீப காலம் வரை பெரிய பட்டணங்களிலும், நகரங்களிலும் தார் (Coal Tar) ரோடுகள்தான் போட்டுவந்தார்கள். இப்பொழுது தாருக்கு வேறு கிராக்கி வந்துவிட்டது. அத்தர், ஜவ்வாது போன்ற வாசனைப் பொருள்களைச் செயற்கைப் பொருளாகத் தயாரிப்பதற்கு இது வேண்டியிருப்பதினால் இதன் விலை ஏறிவிட்டது. எனவே ரோடுகள் போடுவதற்கு இதற்குப் பதிலாக தற்காலம் ஆஸ்பால்ட்(Asphalt)என்னும் பொருள் உபயோகப்பட்டு வருகிறது. இதுவும் பெட்ரோலியத்திலிருந்துதான் பெறப்படுகிறது.

பெட்ரோலியம் எண்ணெய் வட அமெரிக்காவிலிருந்துதான் ஏராளமாகக் கிடைக்கிறது. உலகத்தில் கிடைக்கும் மொத்த பெட்ரோலியத்தில் முக்கால் பாகம் அமெரிக்காவிலிருந்துதான் பெறப்படுகிறது. எனவே அவர்கள் மோட்டார் வண்டிகளையும்

ஆகாய விமானங்களையும் செய்து மலைமலையாகக் குவித்துத் தள்ளுவதில் வியப்பு ஒன்றுமில்லை. மற்றக் கால் பாகம் பெட்ரோலியம் பெர்ஸியா, பர்மா, போலந்து, ரஷ்யா முதலிய இடங்களில் கிடைக்கிறது. இரண்டாவது உலகயுத்தம் நடந்த போது ஹிட்லரும், ஸ்டாலினும் பெட்ரோலியம் எண்ணெய் கிடைக்கும் இடங்களை முன்னதாகவே கைப்பற்றுவதற்குத்தான் போட்டிபோட்டார்கள். பெட்ரோலியம் அதிகமாய்க் கிடைக்கும் அமெரிக்கா நாட்டைக்கண்டு நாம் பொருமைப்பட வேண்டிய தில்லை. கடவுள் நமக்கு வற்றுமல்—வருஷம் முழுவதும் ஓடும் ஜீவநதிகள் பலவற்றைக் கொடுத்திருக்கிருர். இவற்றைப் பயன் படுத்தி மின்சாரத்தை வெகு சுலபமாகவும் மலிவாகவும் நம் நாட்டில் உற்பத்தி செய்துவிடலாம்.

---

9. தந்தம்

"யானை இருந்தாலும் ஆயிரம் பொன் இறந்தாலும் ஆயிரம் பொன்" என்று தந்தத்தின் மேன்மையைக் கூறும் பழமொழி தமிழ் நாட்டில் வெகு காலமாக வழங்கி வருகிறது. யானையின் பல்லைத்தான் தந்தம் என்று கூறுகிருேம். நம் நாட்டில் உள்ள ஆண் யானைக்குத்தான் தந்தம் உண்டு. ஆனல் ஆப்பிரிக்காவில் உள்ள ஆண்

யானை பெண் யானை இரண்டுக்கும் தந்தம் உண்டு. நன்ருக வளர்ந்த யானையின் தந்தம் சுமார் ஒன்பது அடி நீளம் இருக்கும். அதன் எடை சுமார் நூறு முதல் நூற்றைம்பது பவுண்டுவரை இருக்கும். தற்காலம் நீர் யானை, காட்டுப் பன்றி முதலிய மற்ற மிருகங்களின் பற்களையும் தந்தம் என்று கூறிவருகிருர்கள். அமைப்பில் தந்தம் எலும்புக்கும் கொம்புக்கும் இடையே இருக்கும். இதை உடைத்து எலும்பைப் போலப் பொடியாக்க முடியாது. இது கொம்பைவிடச் சற்றுக் கடினமாக இருக்கும். இரண்டையும்விடத் தந்தத்துக்குத்தான் பளபளப்பு உண்டு. தந்தத்துக்குக் கடினத்துவமும் நெகிழ்ச்சி வன்மையும் ஒருங்கே அமைந்திருப்பதினுல் இதில் எவ்வித உருவங்களையும் வெகு சுலபமாகச் செய்துவிடலாம். விக்கிரகங்கள், பொம்மைகள் செய்வதற்கு நம் நாட்டில் நெடு நாட்களாகத் தந்தம் பயன்பட்டு வருகிறது. தந்தத்தில் செய்த ஆலிலை கிருஷ்ண விக்ரகத்தைக் கெடியாரச் சங்கிலியுடன் பலர் போட்டுக்கொண்டிருப்பதைப் பார்க்கலாம். சீனர்கள், ஜப்பானியர்கள் இவர்கள்தான் தந்த வேலையில் பெயர் போனவர்கள். ஆப்பிரிக்காவிலிருந்தும் இந்தியாவிலிருந்தும் தந்தங்கள் ஏராளமாகச் சமீபகாலம் வரை இங்கிலாந்துக்கு ஏற்றுமதியாகி வந்தன. அவர்கள் அதில் (Billiard) பிலியர்டு பந்துகள், கத்திப் பிடிகள், ஹார்மோனியம் பியானு வாத்தியங்களின் ரீடுகள், சோப்புப் பெட்டி, பவுடர் பெட்டி, கை வளையல்கள், மோதிரங்கள் முதலிய

எண்ணற்ற சாமான்களைச் செய்து விற்றுவந்தார்கள். இவற்றுடன் நீர்யானையின் தந்தங்களால் செய்த குடைகளின் பிடிகள், பொய்ப் பல்லுகள் முதலியவற்றையும் விற்றுவந்தார்கள். இவற்றுக்கெல்லாம் வேண்டிய அளவுக்குத் தந்தம் கிடைக்கவில்லை. தந்தத்தைப்போல் வேறொரு பொருளைத் தயாரிக்க முடியுமா என விஞ்ஞானிகள் சோதனைகள் செய்யலானார்கள். முக்கியமாக, Billiard பந்துகள் தயார்செய்யும் தொழிற்சாலைகளுக்குத்தான் தந்தத்தின் மாற்றுப்பொருள் வேண்டியிருந்தது.

1855-ஆம் ஆண்டில் அலெக்ஸாண்டர் பார்க்ஸ் (Alexander Parks) என்பவர் ஸெலுலாயிடு (Celluloid) என்னும் ஒரு செயற்கைப் பொருளைத் தயாரித்தார். இது தந்தத்தின் குணங்களை ஒருவாறு பெற்றிருந்தது. இதில் செய்த விளையாட்டுப் பொம்மைகளை அனைவரும் பார்த்திருக்கலாம். இதில்தான் சினிமா படங்கள் பிடிக்கப்படுகின்றன. கோடிக்கணக்கான பவுண்டு ஸெலுலாயிடு இவ்வேலைக்கு வருடந்தோறும் பயன்பட்டு வருகிறது. ஆனால் இது சீக்கிரம் நெருப்புப் பிடித்து எரிந்துவிடும் தன்மை உடையதாதலால் மற்றக் காரியங்களுக்கு அவ்வளவு பிரபலமாகவில்லை. 1909-ஆம் ஆண்டில் டாக்டர் பேக்லாண்டு (Bakeland) என்பவர் பேக்லைட் (Bakelite) என்ற ஒரு செயற்கைப் பொருளைத் தயாரித்தார். இது ஸெலுலாயிடைவிடச் சிறந்ததாக இருந்தது.

தெரியவந்தது. இப்பொருளை ஏராளமாக உற்பத்தி செய்து பல்வேறு சாமான்களை இதில் செய்துவருகிறார்கள். Billiard பந்துகள் இதில் செய்யப்படுகின்றன. இதில் செய்த தட்டுகள், கிண்ணங்கள், கோப்பைகள் முதலிய சாமான்களைப் பலர் வாங்கி இருப்பார்கள். தந்தம் உபயோகப்பட்ட இடங்களில் எல்லாம் அதற்குப் பதிலாக, பேக்லைட்தான் உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. இதனால் ஸெலுலாயிடு, பேக்லைட் போன்ற எண்ணற்ற செயற்கைப்பொருள்களைத் தயாரிக்கும் வழிகளையும் கண்டுபிடித்தார்கள். இப்பொருள்களுக்கு எல்லாம் பொதுப் பெயர் பிளாஸ்டிக்ஸ் (Plastics) என்று கூறுவார்கள். ரப்பர், மரம், உலோகங்கள் எல்லாவற்றுக்கும் பதிலாக உபயோகப்படக்கூடிய பல பல செயற்கைப் பொருள்களைத் தயார்செய்து வருகின்றார்கள். சுமார் ஆயிரம் தினுசு செயற்கைப் பொருள்கள் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. ஆனால் இவற்றை எல்லாம் அடிப்படையாக மூன்று வகுப்புக்களில் அடக்கிவிடலாம். தற்காலம், நாற்காலி, மேஜை முதலியவற்றை மரத்தில் செய்யாமல் இச்செயற்கைப் பொருள்களிலேயே செய்து வருகின்றார்கள். ரேடியோ ஸெட்டு வைக்கப்படும் பெட்டிகளெல்லாம் இதில்தான் செய்யப்படுகின்றன. இவற்றை மரத்தில் செய்வதைவிட இப்பொருள்களால் செய்வது வெகு சுலபமாக இருப்பதாகச் சொல்லுகிறார்கள். மரத்தை உபயோகப்படுத்துவதற்குமுன் அதைப் பதப்படுத்தவேண்டும். இதற்கு

இந்தத் தொல்லை இல்லை. மற்றும் மரத்தில் சாமான்களைச் செய்யும்போது சந்து பொந்து இல்லாமல் செய்வது கடினம். இப்பொருளுக்கு அவ்வித இடைஞ்சல் இல்லை. மரச்சாமான்களைவிட இதில் தயாரித்த சாமான்கள் பகட்டாக இருக்கின்றன. உலோகங்களைப் பெரிதாக நம்பி வந்த காலம் மலையேறிப்போய்விட்டது. ஆகாய விமானத் தொழிற்சாலைகளில் லேசாகவும் உரமாகவும் இருக்க வேண்டிய பாகங்களுக்கெல்லாம் அலுமினியத்தையோ அல்லது கலப்பு உலோகத்தையோ உபயோகப்படுத்துவதற்குப் பதிலாகத் தற்காலம் இச் செயற்கைப்பொருள்களை உபயோகித்து வருகின்றார்கள். ஒளி கண்ணாடியின்மூலம் ஊடுருவிச் செல்லுவதுபோல இச்செயற்கைப் பொருளின்மூலம் ஊடுருவிச் செல்லுகிறது. எனவே கண்ணாடியில் செய்யும் சாமான்களை இச் செயற்கைப்பொருளில் செய்கின்றார்கள். கண்ணாடியைப் போலப் பல வர்ணங்களில் இப்பொருளையும் தயாரிக்கலாம். ரப்பர், கட்டபெர்சா (Guttapercha) என்னும் மரப் பிசினில் செய்துவந்த சாமான்களையும் இச்செயற்கைப் பொருள்களைக்கொண்டே செய்துவருகிறார்கள். டாக்டர்கள் கை விரல்களில் அணிந்துகொள்ளும் மூடி (gloves), ஆபரேஷன் மேஜைமீது போடப்படும் பெட்ஷீட் முதலியவை ரப்பரில்தான் இதுவரை செய்யப்பட்டு வந்தன. தற்காலம் அவை செயற்கைப் பொருளிலிருந்துதான் செய்யப்படுகின்றன. வீடுகள் கட்டுவதற்கும் இச்

செயற்கைப் பொருள்களை உபயோகிக்கலாம் என்று கூறுகிறார்கள். கட்டிடங்களுக்கு வேண்டிய இரும்புச்சாமான்கள், மரச்சாமான்கள் இவற்றுக்குப் பதிலாக இச் செயற்கைப் பொருள்களில் செய்த சாமான்களைப் பயன்படுத்தலாம் என்கிறார்கள். இவற்றை உபயோகித்து அறைகளை வெகு நேர்த்தியாக அமைக்கலாம் என்று சொல்லுகிறார்கள். எனவே இச் செயற்கைப் பொருள்களை விஞ்ஞானிகளின் காமதேனு என்று கூறுவது மிகப் பொருத்தம். இவை தயாரிக்கும் விதத்தைப்பற்றி இப்பொழுது பார்ப்போம்.

பிரபஞ்சத்திலுள்ள பொருள்களின் வகைகளைக் கணக்கிட முடியாவிட்டாலும் அவற்றை எல்லாம் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்களிலிருந்து (Elements) பெற்றுவிடலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். இரும்பு, வெள்ளி, இரசம், பிராணவாயு இவற்றை எல்லாம் தனிப் பொருள்களுக்கு உதாரணங்களாகக் கூறலாம். ஒவ்வொரு தனிப் பொருளிலும் கோடிக்கணக்கான அணுக்கள் இருப்பது தெரியவந்தது. ஒரு தனிப்பொருளின் அணுக்களும் மற்றொரு தனிப் பொருளின் அணுக்களும் சேர்ந்தால் இரண்டு வகைக்கும் வேறான புதுவகை அணுக்கள்கொண்ட பொருள் ஒன்று கிடைக்கிறது. இப்பொருள் சேர்க்கைப் பொருள் (Compound) என்று சொல்லுவார்கள். நாம் அன்றாட வாழ்க்கையில் உபயோகிக்கும் தண்ணீர் ஒரு சேர்க்கைப் பொருள்தான். இதன் அணுவில்

ஜலவாயு (Hydrogen) அணுவும், பிராணவாயு (Oxygen) அணுவும் பிணைக்கப்பட்டு இருக்கும். தண்ணீரை மின்சார சக்தியினுல் பிரித்தால் ஜல வாயுவும், பிராண வாயுவும்தான் கிடைக்கின்றன. எனவே இவற்றின் சேர்க்கையினுல்தான் தண்ணீர் உண்டாயிற்று என்று சுலபமாக அறியலாம். வேருெரு விதத்திலும் சோதனையைச் செய்யலாம். ஜலவாயு, பிராணவாயு இரண்டையும் சேர்த்து அதன் மூலம் மின்பொறியைப் பாய்ச்சினுல் தண்ணீர் உண்டாகி விடுகிறது. விஞ்ஞானிகள் இவ்வாறு சோதனைகள் செய்து எல்லாப் பொருள்களையும் பிரித்துப் பார்த்து ஒவ்வொன்றிலும் உள்ள தனிப்பொருள்களை அறிந்தார்கள். இயற்கையில் இல்லாத புதுப் பொருள்களைத் தக்க பொருள்களைச் சேர்த்து உண்டாக்க முடிவதையும் தெரிந்துகொண்டார்கள்.

தந்தத்திற்கு மாற்றுப்பொருள் கண்டுபிடிக்கச்செய்த சோதனைகளில் பேக்லாண்டு என்னும் விஞ்ஞானி உபயோகித்த மூலப்பொருள்கள் இரண்டு. அவற்றினுள் ஒன்று கார்பாலிக் ஆஸிட் (Carbolic acid). ஆஸ்பத்திரிக்குச் சென்றவர்கள் இதன் நாற்றத்தை நன்கு உணர்ந்திருப்பார்கள். அதற்குப் பீனுல் (Phenol) என்று மற்ருெரு பெயரும் உண்டு. இப்பொருளை நிலக்கரியிலிருந்து பெற்ருர்கள். தற்காலம் இதையும் செயற்கைப் பொருளாகப் பெறுகிருர்கள். அவர் எடுத்துக் கொண்ட மற்ருெரு பொருள் பார்மால்டிஹைடு

(Formaldehyde). இது மரத்திலிருந்து பெறப்படும். ஆனால் இதையும் தற்காலம் செயற்கையாகப் பெறுகிறார்கள். இவ்விரண்டு பொருள்களையும் சேர்த்துக் காய்ச்சினால் அவற்றின் அணுக்களிடையே பலவித இரசாயனச் சேர்க்கைகள் உண்டாகின்றன. இதனால் புதுப் புதுப் கலப்புப் பொருள்கள் உண்டாகின்றன. சேர்க்கையின் கொதிநிலை, இறுக்கம் (Pressure) இவற்றைக் கட்டுப்படுத்திப் பேக்லைட் என்னும் பொருளைப்பெறுவதற்கு வழியைக் காண்பித்தார் பேக்லாண்டு. Billiard பந்துகள் செய்வதற்காகத் தயாரிக்கப்பட்ட இப்பொருள் விஞ்ஞான உலகத்திலேயே ஒரு புரட்சியை உண்டு பண்ணி விட்டது. இது தயாரித்த நிமித்தம் இது போன்ற எண்ணற்ற செயற்கைப் பொருள்களைப் பெறுதற்கு உண்டான வழிகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இதற்காகத் தொழிற்சாலைகள் அமெரிக்காவிலும் இங்கிலாந்திலும் அநேகம் இருக்கின்றன. இத் தொழிற்சாலைகள் முதன் முதலில் அமெரிக்காவில்தான் ஏற்பட்டன. சமீபத்தில் முடிந்த இரண்டாவது உலகப்போர் நடக்கும்போது இங்கிலாந்துக்கு அயல் நாடுகளிலிருந்து பண்டங்கள் வரமுடியவில்லை. முக்கியமாக ஆகாய விமானத் தொழிற்சாலைகளுக்குவேண்டிய சாமான்கள் ஒன்றையும் வெளியிலிருந்து தருவிக்க முடியாமல் திகைக்கும் போதுதான் இத்தொழிற்சாலைகள் இங்கிலாந்தில் பிரபலமாயின.

இத்தொழிற்சாலைகளில் தயாரிக்கும் செயற்கைப் பொருள்களை மூன்று வகுப்புக்களாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம், நாம் முதலில் பார்த்த Phenol Formaldehyde சேர்க்கை வகை ஒன்று. இரசாயனச் சேர்க்கை நடந்துவரும்போது களிமண், மரத்தூள், மைக்கா முதலியவற்றைச் சேர்த்துக்கொண்டு கலவையை இறுகவைத்துத் தகடுகளாகச் செய்கிறார்கள். இவ்வகையை வெப்ப—இறுக்கிய (Thermo-setting group) வகை என்று கூறுகிறார்கள். ஏனெனில் முடிவாகப் பெறும்பொருள் கடினமாகிவிடுகிறது. இதில் பண்டங்களைச் செய்யும்போது யந்திரங்களைக்கொண்டு செதுக்கியோ அல்லது வெட்டி எடுத்தோ தான் சாமான்கள் செய்யமுடியும். இதனால் சிறிதளவு பொருளுக்குச் சேதம் ஏற்படுகிறது. சேர்க்கும் பொருளுக்குத் தகுந்தவாறு (Phenol Furtural, Phenol Asbestos, Cast phenol, Urea) என்ற பெயர்களைக் கொடுக்கின்றார்கள். இவை ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு வேலைக்குச் சிறந்ததாக இருக்கும். உதாரணமாக Urea வில் மின்சாரச் சாமான்கள் எல்லாம் செய்யப்படும். Phenol asbestos என்னும் பொருளில் பெரிய குழாய்கள் செய்கிறார்கள். இச் செயற்கைப் பொருள்களில் இரண்டாவது வகைக்கு ஸெலுலோஸ் சம்பந்தப்பட்ட செயற்கைப் பொருள் என்று பெயர். இவ்வகையை வெப்ப—இளகிய (Thermoplastic group) வகை என்றும் கூறுவது வழக்கம். முதல் வகைப் பொருளில் சாமான்களைத் தயாரிக்கும்போது

அதைச் செதுக்கி அல்லது வெட்டி எடுத்துத்தான் தக்க உருவங்களை அதில் அமைக்கமுடியும். இரண்டாவது வகை செயற்கைப் பொருள்களுக்கு இது வேண்டியதில்லை. சூடேற்றினால் அதன் உருவத்தைத் தக்கவாறு மாற்றலாம். இதனால் பண்டங்கள் செய்யும்போது பொருள் சேதமேற்படுவதில்லை. இவ்வகையில் மிகவும் முக்கியமான பொருள்கள் ஸெலுலோஸ் அஸிடேட் (Cellulose acetate) ஸெலுலோஸ் நைட்ரேட் (Cellulose nitrate) இதைல் ஸெலுலோஸ் (Ethyl cellulose) என்பவை. இவற்றில்தான் மூக்குக் கண்ணாடி பிரேம்கள், பொம்மைகள், பல் தேய்க்கும் பிரஷ் பிடிகள், டைப் அடிக்கும் மெஷின்களின் விரல் அமைப்புக்கள், பேனாக் கத்திகள் முதலிய எண்ணற்ற சாமான்களைச் செய்துவருகிறார்கள். மூன்றாவது வகைச் செயற்கைப் பொருள்களை புரோடீன் (Protein) பொருள்கள் என்று கூறுகிறார்கள். இவற்றிலிருந்து எல்லாவித ஊசிகளும் செய்யப்படுகின்றன. குடைகளுக்குப் பிடிகளும் செய்யப்படுகின்றன, செயற்கைப் பொருள்களை நூலாக இழுத்துப் பட்டாடைகளும் செய்து வருகிறார்கள். இவ்வாறு எதற்கும் பயன்படும் இச்செயற்கைப் பொருள்கள் இயற்கைப் பொருள்களை இருந்த இடம் தெரியாமல் அடித்துவிடுமோ என்று பலர் பயப்படுகிறார்கள். எவ்வித இயற்கைப் பொருளுக்கும் போலியாகச் செயற்கைப்பொருள் தயாரித்து வருவதாக விஞ்ஞானிகளைக் குறைகூறிவருகிறார்கள்.

இதில் ஓரளவு உண்மையும் இருக்கிறது. கடைசியாக மனிதனையும் செயற்கையாக உற்பத்தி செய்யும் காலம் வந்துவிடுமோ என்று கவலைப்படுகிறார்கள்!

---

10. சாயம்

நெசவுத் தொழிலைப்போலச் சாயம்போடும் தொழிலும் மிகவும் பழமையானது. படத்தின் மீது வர்ணத்தைப் பூசுவது போல, துணிகளின் மீது சாயத்தை ஏன் பூசக்கூடாது என்று முதன் முதலில் நினைத்தார்கள். அவ்வாறு பூசிய வர்ணம் நிலைக்காமல் இருப்பது தெரிய வந்தது. துணியைத் தண்ணீரில் நனைத்தவுடன் சாயம் போய்விடுவதைப் பார்த்தார்கள். சாயச்சரக்குகளைத் தண்ணீரில் கரைத்து அதில் துணிகளைப் போட்டுக் கொதிக்க வைத்தால் சாயம் ஏறுகிறதா என்று பார்த்தார்கள். இது எல்லாச் சாயங்கள் விஷயத்திலும் திருப்தி அளிக்கவில்லை. வர்ணத்துக்குக் காரணமாயுள்ள பொருளுக்கும் துணிகளின் நூல் இழைக்கும் இடையே கவர்ச்சி இருந்தாலன்றி, சாயம் கெட்டியாக இராமல் போவது தெரியவந்தது. கரியைச் சன்னமாகப் பொடி செய்து கொண்டு, தண்ணீரில் அதைக் கரைத்து, அதில் துணியைப்போட்டுக் கொதிக்கவிட்டால் துணி அழுக்காவதைத் தவிர

துணிக்குக் கறுப்புச் சாயம் ஏருது; அழுக்காக்கிய கரியையும் துணியை நன்ருகக் கல்லில் தோய்த்து நீக்கிவிடலாம். எனவே துணிகளிடம் கவர்ச்சியுள்ள சாயப் பொருள்களைக் கொண்டுதான் அவற்றுக்குச் சாயம் போடமுடியும் என்று நெடுநாள் முன்பே அறிந்தார்கள்.

இத்தகைய கவர்ச்சியைப் பெற்ற சாயங்களை கண்டு பிடித்தவர்கள் நம்முன்ஞேர்கள். இவர்கள் அவுரிச் சாயமும் (Indigo) நுணுச்சாயமும் (Madder Root) துணிகளுக்கு ஏற்ற சாயங்களாக இருப்பதைச் சுமார் நாலாயிரம் வருஷங்களுக்கு முன்பே கண்டுபிடித்ததாகக் கூறப்படுகிறது. பின்னர் எஜிப்த் மக்கள் இதை நம்மிடமிருந்து கற்றுக் கொண்டார்கள் என்று தெரிகிறது. அவர்கள் நாட்டுக் கற்சிலைகளில் அந்நாளில் அவுரிச் சாயத்தில் தோய்த்த துணிகள் இன்னும் காணப்படுகின்றனவாம். அவர்களிடமிருந்து ஐரோப்பியர்கள் இவ்விரண்டு சாயங்களையும் தெரிந்து கொண்டார்கள் என்று கூறுகிருர்கள். அவுரிச் செடி நஞ்சை வயலில் நன்ருகப் பயிராகும். இச்செடியைத் தண்ணீரில் ஊறப்போட்டு அழுகவிட்டால் தண்ணீர் நீலமாக மாறிவிடும். பெரிய தொட்டிகளில் இச்செடிகளை நன்ருக ஊறவைத்து அவற்றில் சாயம் போடவேண்டிய துணிகளைப் போட்டு எடுப்பார்கள். அவற்றுக்கு அவுரியின் நீலநிறம் சுலபமாக ஏறிவிடும். இதைப்போல நுணுச்சாயமும் கெட்டியானது. ஆனுல் இச்செடியின் வேர்தான் சாயத்

துக்குக் காரணமாயுள்ள பொருள். வேரை நறுக்கித் தண்ணீரில் போட்டுக் காய்ச்சினல் தண்ணீர் சிகப்பாக மாறிவிடும். இச்சாயத்தையும் துணிகளுக்குச் சுலபமாக ஏற்றிவிடலாம். ஆங்கிலேயர்கள் நம் நாட்டை ஆளத் தொடங்கியவுடன் நாட்டில் அவுரியை ஏராளமாகச் சாகுபடி செய்யச் செய்து அதை அயல் நாடுகளுக்கு ஏற்றுமதி செய்து விற்று வந்தார்கள். வேண்டுகிற அளவுக்கு அவுரியும், நுணுவேரும் கிடைக்கவில்லை. எனவே விஞ்ஞானத்தின் துணைகொண்டு இவற்றைச் செயற்கையாகத் தயாரிக்க முடியுமா என்று சோதனை செய்து பார்க்கலானார்கள். இதன் பயனுக ஆயிரக்கணக்கான செயற்கைச் சாயங்கள் தற்காலம் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன.

இச்செயற்கைச் சாயங்களெல்லாம் தார் எண்ணெயிலிருந்துதான் தயாரிக்கப்படுகின்றன. எல்லா நாடுகளிலும் சாயம்போடும் தொழில் பெருத்த அளவில் நடைபெற்று வருகின்றது. வெய்யில், மழையினுல் கெடாதவாறு சாயம் கெட்டியாக இருக்கும்படி அனேக சீர்திருத்தங்களைக் கையாண்டு வருகிறார்கள். சாயம் கெட்டியாக இருப்பதற்கு முன் கூறியதுபோல, சாயப் பொருளுக்கும் நூல் இழைக்கும் இடையே கவர்ச்சி இருக்க வேண்டும். சாதாரணமாக இத்தகைய கவர்ச்சி எல்லாச் சாயங்களுக்கும் இருப்பதில்லை. இக்கவர்ச்சியை உண்டு பண்ணுவதற்கு அனேக வழிகளைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். மேலும் சிலசாயங்கள் தண்ணீரில்

கரையமாட்டா. அவற்றைச் சுலபமாகக் கரைப் பதற்குச் சாதனங்களையும் கண்டுபிடித்திருக் கிறார்கள். சாயம்போடும் முறைகளில் மூன்று பிரபலமானவை. முதல் முறைக்கு நேர்முறை (Direct Dyeing) என்று பெயர். இம்முறையில் தண்ணீரில் சுலபமாகக் கரையக்கூடிய சாயங்கள் தான் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். இம்முறை மிகவும் எளிது. நாம் வீடுகளில் இதை உபயோகிக்கலாம். மற்ற இரண்டு முறைகளுக்கும் காடி கலந்து சாய மிடுமுறை (Mordant Dyeing), காரம் கலந்து சாயமிடுமுறை (Vat Dyeing) என்று பெயர். இவற்றை ஆலைகளில் தான் உபயோகிக்க முடியும். முதலில் சாயப் பொருள்களைத் தண்ணீரில் கொதிக்க வைத்து, பின்னர் காடியையோ (Acid) அல்லது காரத்தையோ (Alkali) சிறிது கலப்பார்கள். காடியின் உதவியால் சாயப்பொருள் ஆடை இழை களால் நன்றாகக் கவரப்படும். தண்ணீரில் கரை யாத சாயப்பொருள்களை ஸோடியம் ஸல்பைட் (Sodium Sulphide) என்னும் காரத்தில் கரைத் துப் பின்னர் துணிகளுக்குச் சாயம் ஏற்றுவார்கள். இத்தகைய சாயப் பொருள்களைக் கந்தகச் சாயங்கள் (Sulphur Dyes) என்றும் கூறுவதுண்டு.

பொதுவாக, கம்பளி, பட்டு ஆடைகளுக்குத் தான் பருத்தி ஆடைகளைக் காட்டிலும் சுலபமாகச் சாயம் போடலாம். ஆடைகளுக்குப் போடாமல் நூலுக்குச் சாயம் போடுவதும் உண்டு. இது அவ்வளவு லாபகரமில்லை. சாயம் ஏற்றிய பின்னர்

நூலை ஆடைகளாக நெய்வார்கள். இம்முறைகளில் போட்ட சாயம் எப்பொழுதும் கெட்டியாக இருக்கும். துணிகளின் மீது பல வர்ணங்களில் அச்சடித்த கரைகள், பேட்டுகள், சித்திரங்கள், எல்லாம் அழியாமல் நெடுநாள்வரை இருக்கும்.

செயற்கைச் சாயங்களைக் கண்டுபிடிக்க வழி காட்டியவர் பெர்க்கின் (Perkin) என்னும் விஞ்ஞானி. சுமார் நூறு வருஷங்களுக்குமுன் இவர் லண்டன் கலாசாலையில் வாசித்துக் கொண்டிருக்கும்போது விடுமுறை நாட்களில் கொயினவை (Quinine) செயற்கையாகத் தயாரிக்க முடியுமா என்று சோதனை செய்து பார்க்கலானர். அப்போது மங்கல் ஊதா (Mauve) நிறம் இவர் சோதனைகளில் குறுக்கிட்டது. கொயினவை விட்டுவிட்டு இந் நிறத்தைப் பற்றிய சோதனையில் இறங்கினர். இந் நிறம் வந்த விதத்தை அறிந்து இதை எவ்வாறு பெருத்த அளவில் தயாரிக்கலாம் என்றும் கண்டுபிடித்தார். இதுமட்டுமல்ல, வேறு நிறங்களையும் செயற்கையாகப் பெறுவதற்கு வழியையும் காட்டினர். இவருக்கு அப்பொழுது வயது பதினெட்டு. இவர் கண்டு பிடித்ததின் பயனாக வியாபார முறையில் சாயத்தொழில்கள் ஆங்காங்கே ஏற்படலாயின. நிலக்கரியிலிருந்து கிடைத்த தார் எண்ணெயை மறுபடியும் கொதிக்கவைத்துக் காய்ச்சி வடித்தல் (Distillation) முறையினல் பென்ஜின், ஸைலீன், நாப்தலீன், ஆந்திரசீன் முதலிய பொருள்களைப்பெற்று அவற்றைச் செயற்

கைச் சாயங்களுக்கு மூலப்பொருள்களாக உபயோகப்படுத்தி வருகிறார்கள். இவற்றுக்கு நிறம் கிடையாது. இவற்றிலிருந்து சில இரசாயனச் சேர்க்கைகளினால் அனேக தினுசு சாயங்களைத் தயாரிக்கிறார்கள், முதன் முதலில் பெர்க்கின் கண்டுபிடித்த மங்கல் ஊதா (Mauve) சாயத்திலிருந்து இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கும் சாய தினுசுகளின் எண்ணிக்கை ஆயிரத்து ஐந்நூறு. இயற்கைச் சாயங்களான அவுரிச்சாயமும், நுணச்சாயமும் இருந்த இடம் தெரியாமல் மறைந்து விட்டன. அவற்றுக்குப் பதிலாகச் செயற்கை அவுரிச்சாயமும், செயற்கைச் சிகப்பு (Turkey red) சாயமும்தான் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. இதனால் வீணாக ரோட்டில் கொட்டிவந்த தார் எண்ணெய்க்கும் உபயோகம் உண்டாயிற்று.

குயவன் பண்டங்களைச் செய்வதற்கு முன் எவ்வாறு மண்ணைத்தேர்ந்தெடுப்பதிலும் அதைப் பக்குவப்படுத்துவதிலும் அதிக நேரத்தைச் செலவழிப்பானோ அதைப்போல, சாயவிஞ்ஞானி செயற்கைச் சாயங்களைத் தயாரிப்பதற்குமுன் அவற்றுக்குத் தகுந்தபொருள்களைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் தான் அதிக சிரத்தை எடுத்துக் கொள்ளுவான். ஒவ்வொரு பொருளும் அதன்மீது விழும் ஒளியைச் சிதறச்செய்வதால்தான் அது நமக்குப் புலனாகிறது. சூரியவொளி வெண்மையானது. இதில் சிவப்பு முதல் ஊதாவரை உள்ள பல நிறங்கள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாம் சேர்ந்து நமது கண்ணுக்கு வெள்

ளொளி உணர்ச்சியைக் கொடுக்கிறது. இவ்வெள்ளொளி ஒரு பொருளின்மீது விழும்போது சிதறி வெளிவரும் ஒளியில் சில பகுதிகள் நீக்கப்படுகின்றன. அதாவது அப்பொருள் சில நிற ஒளிகளை மட்டும் உறிஞ்சி விடுகின்றது. அவ்வாறு உறிஞ்சப்படாத நிறம் மட்டும்தான் அப்பொருளை நமக்குத் தோற்றுவிக்கிறது. ஒரு சிவப்புக் கண்ணாடியின் மீது சூரிய வெளிச்சம் விழும்போது அதில் சிவப்பு நீங்கலாக மற்ற எல்லா நிறங்களும் விழுங்கப் படுகின்றன. எனவே நமக்குக் கண்ணாடி சிவப்பாகத் தோன்றுகிறது. இதைப்போலவே நுணாவேர்ச் சத்து கலந்த தண்ணீர் சிவப்பு நிறம் நீங்கலாக மற்ற எல்லா நிறங்களையும் உறிஞ்சி விடுகிறது. அதனால் தான் அது சிவப்புச் சாயமாக இருக்கிறது. நுணாவேர்ச்சத்து எவ்வாறு மற்ற நிறங்களை உறிஞ்சிற்று என்பதைப் பற்றிய விவரங்களை இப்போது கூறுவோம்.

ஒவ்வொரு பொருளும் கோடிக்கணக்கான மிகச்சிறிய துகள்களின் கூட்டங்களே என்று தெரிய வந்தது. ஒரு தனிப்பொருளினுள் (Element) அடங்கியுள்ள சிறிய துகள்களுக்கு அணுக்கள் (Atoms) என்று பெயர். இரண்டு மூன்று தனிப் பொருள்கள் சேர்ந்த கலப்புப் பொருளின் சிறிய துகள்களுக்கு மூலகங்கள் (Molecules) என்று பெயர். உலகத்தில் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்கள் தான் உண்டு. இவற்றுக்கு உதாரணம் செம்பு, பிராணவாயு, வெள்ளி முதலியவை. நாம்

காணும் மற்ற எல்லாப் பொருள்களும், தனிப் பொருள்கள் பல வகைகளில் கலந்த கலப்புப் பொருள்கள் தான். ஒவ்வொரு பொருளும் ஒரு நிற மாகத் தோன்றுவதற்கு அதன் மூலகங்கள் தான் முக்கிய காரணம். அவைதான் ஒளியை உறிஞ்சி விடுகின்றன என்று தெரிய வந்தது. மரம், செடி, கொடி இவற்றின் இலைகள் பச்சை நிறமாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணம் அவற்றில் உள்ள குளோரேபில் (Chlrophyll) மூலகங்கள். அம்மூல கங்களின் தன்மை பச்சைநிறம் நீங்கலாக மற்ற நிறப்பகுதிகளை உறிஞ்சி விடுவதுதான் என்று அறிந்தார்கள்.

இதைப்போலவே எல்லாநிறங்களும் பொருள் களின் மூலகங்கள் ஒளியை உறிஞ்சுவதனால் உண்டா கின்றன என்று தெரிய வந்தது. மூலகங்கள் தான் நிறத்துக்குக் காரணம் என்று அறிந்தபின் மூலகங் களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் இறங்கினார்கள். ஒவ்வொரு மூலகத்திலும் அக்கலவைப் பொருளில் அடங்கியுள்ள தனிப் பொருள்களில் அணுக்கள் இருக்கவேண்டும். உதாரணமாகத் தண்ணீரை எடுத்துக் கொண்டால் அதன் ஒவ்வொரு மூலகத் திலும் பிராணவாயு அணுவும், நீரகவாயு அணு வும் சேர்ந்து இருக்கும். இரண்டு நீரக அணுக் களும் ஒரு பிராண வாயு அணுவும் பிணைக்கப்பட்டு அம்மூலகத்தில் கட்டுண்டு இருக்கும். சாயப் பொருள்களின் மூலங்களைச் சோதித்துப் பார்க்கும் போது அவை ஒவ்வொன்றிலும் இருபது முப்பது

அணுக்கள் சேர்ந்து இருப்பது தெரியவந்தது. முக்கியமாக, கரி (Corbon) பிராணவாயு, நீரக வாயு, காலகவாயு (Nitrogen) இவற்றின் அணுக்கள் தான் அதிகம் காணப்படுகின்றன. ஒரு மூலகத்தின் தன்மை அதில் அடங்கியுள்ள அணுக்களைப் பொறுத்து இருப்பதுடன் அதில் அவ்வணுக்கள் அமைந்துள்ள விதத்தையும் பொறுத்து இருப்பதை விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். சாயத்துக்குக் காரணம் இவ்வணுக்களின் அமைப்புத்தான் என்ற இரகசியம் வெளிப்பட்டது. மரத்தையும் ஆணியையும் வைத்துக்கொண்டு விதம் விதமாகப் பெட்டிகளும், மேஜைகளும், பீரோக்களும் செய்வதுபோல, மூலகத்தில் இவ்வணுக்களைத் தக்கவாறு அமையச்செய்து விதம் விதமாகச் சாயங்களைத் தயாரிக்கலாம் என்று உணர்ந்தார்கள். அவுரிச் சாயத்தின் மூலகத்தில் கரி, நீரகவாயு, பிராணவாயு இவற்றின் அணுக்கள் சேர்ந்திருப்பது போலவே இரசாயன முறையில் அணுக்களை வரிசை வரிசையாகத் தொடர்ந்து அமைத்து, அவுரிச் சாயத்துக்கு மாற்றான செயற்கை அவுரிச் சாயத்தைப் பெற்றார்கள். இதைப்போலவே நுணச்சாய மூலகத்தில் உள்ளவாறு அணுக்களைச் சேரச்செய்து நுணச் சாயத்தைச் செயற்கையாகத் தயாரித்தார்கள். இவ்வாறு ஆயிரக்கணக்கான சாய தினுசுகளைக் கண்டு பிடித்திருக்கிறார்கள். எல்லாம் மூலகங்களைத் தக்கவாறு அமைப்பதினால் பெற்றவைகளே ஆகும். இயற்கையில் தோன்றும் எந்த

நிறத்துக்கும் மாற்ருகச் செயற்கைச் சாயத்தைத் தயாரித்து விட்டார்கள். இதனுல் விதம் விதமாகத் துணிகளுக்குச் சாயம் போடுவது சாத்திய மாயிற்று. கதர் ஆடையையும், மில் துணியையும் நம் நாட்டிலேயே உற்பத்தி செய்ய வேண்டுமென்று முயன்று வரும் காங்கிரஸ் சர்க்கார்கள் ஆங்காங்கே சாயத் தொழிற்சாலைகளையும் ஏற்படுத்தவேண்டும். அது சம்பந்தமான ஆராய்ச்சிகளைச் செய்வதற்கு வசதிகளை விஞ்ஞானிகளுக்குக் கொடுக்கவேண்டும். இது அவர்களின் கடமையாகும்.

---

11. சர்க்கரை

முன்னுளில் இந்தியா தேசம்தான் சர்க்கரைக்குப் பெயர் போனது. இது முதலில் மருந்தாக உபயோகிக்கப்பட்டுப் பின்னர் ஆகாரப் பொருளாக ஆயிற்று. நம்மைக்காட்டிலும் வட. இந்தியாவிலுள்ளவர்கள்தான் தினசரி சர்க்கரை பக்ஷணங்களை அதிகமாக உட்கொண்டு வருபவர்கள். அதிலும் வங்காளிகளுக்குத்தான் அதிகப் பிரியம். அவர்களின் ஆகாரத்தில் இரண்டு வேளையும் சர்க்கரைப் பக்ஷணங்கள் இல்லாமல் இராது. ஒரு சமயம் இந்தியாவிலிருந்து சர்க்கரை ஏற்றுமதியாகி வந்தது. அந்நிலைமை மாறி ஏராளமாக அயல்நாடுகளிலிருந்து சர்க்கரையை இப்பொழுது இறக்குமதி

செய்துவருகின்றோம். சர்க்கரையைத் தரும் கரும்புப் பயிர் வளர்வதற்குத் தகுந்த பூமி இந்தியா தேசம்தான். இதற்கு வேண்டிய உஷ்ணம், நீர் வசதி, பூமி காரம் முதலியவை இங்கேதான் அதிகம். இப்பொழுது உலகின் பல இடங்களில் கரும்புப் பயிர் செய்யப்பட்டு வருகின்றது. முக்கியமாக தென் அமெரிக்காவிலும், ஆஸ்திரேலியாவிலும், ஏராளமாகக் கரும்பைப் பயிர் செய்துவருகிறார்கள். ஜாவா, சுமத்திரா, போர்னியோ முதலிய தீவுகளிலும் கரும்பு அதிகமாகப் பயிரிடப்பட்டு வருகின்றது. கரும்பில் அநேக வகைகள் இருக்கின்றன. யானைக் கரும்பு என்ற வகை முதற்கொண்டு குச்சிக் கரும்பு என்ற வகைவரை எண்ணற்ற வகைகள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாம் நன்றாக வளருவதற்கு வேண்டிய சோதனைகள் கரும்புப் பண்ணைகளில் நடந்துவருகின்றன. இச் சோதனைகளில் சிலவற்றைச் செய்து, ஸர். டி. எஸ். வெங்கடராமன் என்பவர் சுலபமாகக் கரும்பின் தரத்தை உயர்த்தும் வழியைக் கண்டுபிடித்தார். இதன் பயனாக நம் நாட்டில் சர்க்கரை உற்பத்தி அதிகமாகிப் பொருளாதாரச் செல்வம் உயர்ந்தது என்று கூறப்படுகிறது.

நன்றாக வளர்ந்த கரும்பில் நூற்றுக்கு எழுபது பங்கு தண்ணீரும், பதினெட்டுப் பங்கு சர்க்கரையும், பத்துப் பங்கு "ஸெலுலோஸ்" என்று கூறப்படும் மூலதாவரப் பொருளும் இருக்கும். கரும்பை நசுக்கிச் சாறு எடுத்து அதைக் காய்ச்சிச்

சர்க்கரையாக மாற்றவேண்டும். கிராமங்களில் எண்ணெய் எடுப்பதற்கு உபயோகப்பட்டுவரும் செக்குகள் போன்றவற்றைக்கொண்டு இன்னும் பல இடங்களில் கரும்பிலிருந்து சாறு பிழிந்து வருகிறார்கள். செக்குகளில் மாடுகளைப் பூட்டி ஓட்டுவதற்குப் பதிலாக மேனாட்டில் காற்றின் விசை அல்லது நீரின் விசையைப் பயன்படுத்திய காற்றாடியைக்கொண்டு இச் செக்குகளைச் சுற்றி வந்தார்கள். தற்காலம் நீராவி யந்திரத்தால் சுற்றப்படும் உருளைகள்தான் இவ்வேலைக்குப் பல இடங்களில் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன, இதனால் சாறு சிறிதும் சேதமாகாமல் எடுக்கப் படுகிறது. நசுக்கும்போது கரும்புகளை நீராவி யினால் தாக்கி நசுக்குவார்கள். கரும்புச் சக்கையை வீணாக்காமல் அதை உபயோகித்துத்தான் நீரைக் கொதிக்கவைப்பார்கள். இதற்கென்று பிரத்யே கமான அடுப்பையும் செய்திருக்கின்றார்கள். வேண்டுமென்றபோது சக்கைக்குப் பதிலாகக் கரி யையோ அல்லது மரக் கட்டையையோ உபயோ கித்துக்கொள்ளுமாறும் அடுப்பு அமைந்திருக்கும். சாறு எடுக்கப்பட்ட பின்னர் அதில் மிதக்கும் தூசி முதலியவற்றை யந்திரத்தைக்கொண்டு நீக்கி விடுவார்கள். இந்த யந்திரத்திலுள்ள உருளை களின் மீது உருளும் நீண்ட சல்லடை அமைப் பினால் மிதக்கும் பொருள்களெல்லாம் நீக்கப்பட்டு விடுகின்றன. இச்சல்லடையின் துவாரங்கள் மிகச் சிறியதாக இருக்குமாதலால் சாறு மிகத் தெளிவாக

மாறிவிடுகிறது. இதில் கரைந்துள்ள அசுத்தங்களையும் முக்கியமாகக் காடியையும் நிவர்த்தி செய்வதற்குச் சுண்ணும்புத் தண்ணீரைச் சேர்த்துக் காய்ச்சுவார்கள். சேர்க்கவேண்டிய சுண்ணும்புத் தண்ணீரின் அளவும், காய்ச்சப்படவேண்டிய நேரமும், சூடும் சாறுக்குத் தகுந்தபடி மாறும். சுண்ணும்பு தண்ணீரின் அசுத்தங்களை எல்லாம் மேலே மிதக்கச் செய்யும். சிறிது நேரம் கழித்து அதை வடிக்கட்டி மிதக்கும் அசுத்தங்களை நீக்கி விடுவார்கள்.

சாற்றிலுள்ள சர்க்கரையை மட்டும் பிரிக்க வேண்டியது அடுத்த வேலை. இதற்கு அதைக் காய்ச்சுவார்கள். நீர் கொதித்து ஆவியாக வெளிப்பட்டு விட்டால் சர்க்கரையை மட்டும் பிரித்து விடலாம். இங்கே கொதித்தல் நிகழ்ச்சியைப்பற்றிய விவரம் ஒன்றைக் கூறவேண்டியிருக்கிறது. அனேகமாக எல்லாத் திரவங்களும் ஆவியாக மாறும் தன்மை வாய்ந்தவையே. ஆனால் சில திரவங்கள் வெகு சீக்கிரத்தில் ஆவியாகிவிடும். உதாரணமாக, "ஸ்பிரிட்" திரவம் வெகு சீக்கிரத்தில் ஆவியாகிவிடும். இவ்வளவு சீக்கிரமாகத் தண்ணீர் ஆவியாக மாருது. தண்ணீரைக் கொதிக்க வைத்துத்தான் அதை ஆவியாக மாற்றமுடியும். அதைக் காய்ச்ச ஆரம்பித்ததும் அதன் சூடு உயர்ந்துகொண்டே சென்று ஒரு நிலையில் நின்றுவிடும். இச்சூட்டையே கொதிநிலைச் சூடு (Boiling Point Temperature) என்று கூறுவார்கள். சாதாரணமாகத் தண்ணீரின்

கொதிநிலைச் சூடு செண்டிகிரேடு திட்டத்தில் நூறு டிகிரி இருக்கும். இதைப்போல ஒவ்வொரு திரவத்திற்கும் ஒரு கொதிநிலைச் சூடு உண்டு. இக்கொதிநிலைச் சூடு திரவப் பரப்பின்மீதுள்ள இறுக்கத்துக்கு (Pressure) தகுந்தவாறு வேறுபடும். இறுக்கம் அதிகமானால் கொதிநிலை உயரும் இறுக்கம் குறைந்தால் கொதிநிலை தாழும். சாற்றிலுள்ள நீரை அகற்ற வேண்டுமானால் அதன்மீதுள்ள இறுக்கத்தைக் குறைத்துக்கொண்டுதான் கொதிக்கவைப்பார்கள். எனவே நூறு டிகிரிக்குக் குறைந்த சூட்டிலேயே சாற்றிலுள்ள நீர் ஆவியாக மாறும்படி செய்யப்படும். நீர் நன்றாகச் சுண்டியவுடன் அதன் நிறத்தைப் போக்குவதற்கென்று நன்றாகப் பொடி செய்யப்பட்ட எலும்புக்கரி (Bone Charcoal) யின்மூலம் அதைச் செலுத்துவார்கள். இவ்வேலை மிகவும் முக்கியமானது. இதற்காக எலும்புக் கரியைச் சிறந்த முறையில் ஆலைகளிலேயே தயாரிப்பார்கள். பிராணிகளின் எலும்புக்களை உடைத்து, அதிலுள்ள கொழுப்பு வஸ்துக்களை ஈதர், கரிகந்தக திரவம் (Carbon-di-sulphide), பென்ஸின் (Benzene) முதலிய திரவங்களால் கரைத்து முதலில் அவற்றை நீக்கிவிடுவார்கள். மிகுதியுள்ள பொருளை நீராவியைக் கொண்டு சூடு செய்து அதிலிருந்து கோழை போன்ற வஸ்துக்கள் (Colloids) யாவும் பிரிக்கப்படும். இவ்விதம் சுத்தி செய்யப்பட்ட எலும்புகளை மறுபடியும் இரும்பு உலைகளில் காற்றுப்

படாமல் சூடு செய்வார்கள். இதனால் இதில் பாக்கி உள்ள சேதனப் பொருள்கள் முழுவதும் வெளியேறிவிடும். சில வாயுப்பொருள்களாகவும் மற்றும் சில திரவங்களாகவும் பிரிந்துவிடும். தங்கி நிற்பதுதான் எலும்புக்கரி. இதை யந்திரத்தினால் பொடி செய்துகொண்டு அதைத்தான் சர்க்கரையைச் சுத்தி செய்வதற்கு உபயோகப்படுத்துவார்கள். இவ்வாறு சுத்திசெய்த சர்க்கரைப் பாகை ஸ்படிக உரு (Crystallisation) கொள்ளுமாறுசெய்து சர்க்கரையாக்கிவிடுவார்கள். இதைச் செய்வதற்குப் பாகை மறுபடியும் குறைந்த இறுக்கத்தில் கொதிக்கவைத்து குளிர்வித்து சர்க்கரையை இறுகும்படி செய்துவிடுவார்கள். பின்னர் இதை நொறுக்கிச் சீரான தூளாக ஆகுமாறு சுழற்சி யந்திரத்தினால் (Centrifugal machine) செய்துவிடுவார்கள். இத்தொழிலில் ஆரம்பம் முதற்கொண்டு கடைசிவரை அனேக தொழில் நுட்பங்கள் உண்டு. எனவே ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் வேலை சரியாக நடந்துவருகிறதா என்று கண்காணித்துக்கொண்டு வருவார்கள்.

ஐரோப்பாவில் பீட் (Beet) என்னும் ஒருவகை கிழங்கிலிருந்து சர்க்கரையை தயாரித்து வருகின்றார்கள். முதன் முதலில் ஒரு ஜெர்மன் விஞ்ஞானிதான் இக்கிழங்கில் சர்க்கரை இருப்பதை உணர்ந்தார். எனவே இம்முறை ஜெர்மனியில்தான் முதலில் பிரபலமடைந்தது. இக்கிழங்கு அமைப்பில் முள்ளங்கிக் கிழங்கைப்போல் இருக்கும். நன்றாகப்

பயிர் செய்யப்பட்டக் கிழங்குகளில் நூற்றுக்கு எண்பது பங்கு நீரும் பத்துப் பங்கு சர்க்கரையும் இருக்கும். கிழங்குகளின் தராதரத்தை அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் சாற்றின் செறிவைக் (Density) கொண்டு அறிவார்கள். சர்க்கரை அதிகமுள்ள கிழங்குகளின் சாறு அதிகச் செறிவு கொண்டிருக்கும். கரும்புப் பண்ணைகளில் செய்வதுபோல, இவற்றையும் பண்ணைகளில் பயிராக்கி முதல்தர கிழங்குகள் உற்பத்திக்கு வேண்டிய விவரங்களை அறிந்து வருகின்றார்கள். இக்கிழங்கு கண்டுபிடித்த புதிதில் இதில் மிகக்குறைந்த அளவுக்குத்தான் சர்க்கரை இருந்தது. ஆனால் தற்காலம் பயிர் செய்யப்படும் கிழங்குகளில் சர்க்கரையின் அளவு முன்பு இருந்ததைவிடப் பல மடங்கு அதிகரித்து இருக்கின்றது. இக்கிழங்குகளிலிருந்து சாறு எடுக்கப்படும் விதத்தை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

முதலில் கிழங்குகளிலிருந்து இலைகள், வேர்கள் முதலியவை நீக்கப்படும். பின்னர் இவற்றை நன்றாகக் கழுவிவிட்டு யந்திரத்தினால் சிறிய வில்லைகளாகத் துண்டிப்பார்கள். இதைச் செய்யும் யந்திரம் சாதாரணமாக ஒரு நாளில் நூறு டன் கிழங்குகளை வில்லைகளாகச் செய்துவிடும். ஒரு வில்லையின் கனம் அங்குலத்தில் நூற்றில் நான்கு பங்கு இருக்கும், அகலம் சுமார் அரை அங்குலம் இருக்கும். பெரிய பாத்திரங்களில் நீரை எடுத்துக்கொண்டு இவ்வில்லைகளை அவற்றில்போட்டுக் கொதிக்க வைப்பார்கள். நீரின் மேலுள்ள இறுக்கத்தைத் தக்க

வாறு குறைத்துக்கொண்டுதான் கொதிக்க வைப்பார்கள். இதனால் நீர் வில்லைகளினுள் செல்லும் வில்லைகளிலிருந்து சர்க்கரைச் சாறு வெளிபடும். இந்நிகழ்ச்சியைப் பரவுதல் (Diffusion) என்று கூறுவார்கள். வெளியிலிருக்கும் நீரின் செறிவும் உட்சென்ற நீரின் செறிவும் சரிசமானமாகும்வரைக் கொதிக்கவைப்பார்கள். இதனால் சர்க்கரைச்சத்து முழுவதும் கிழங்குகளிலிருந்து நீக்கப்பட்டு நீருடன் கலந்துவிடும். கரும்புச் சாறு சுத்தி செய்யப்பட்டதுபோல இதையும் சுத்திசெய்வார்கள். இதனுடன் சுண்ணும்புத் தண்ணீரைக் கலந்து காய்ச்சி, எலும்புக் கரி மூலம் செலுத்தி, மறு முறை காய்ச்சி, குளிர்வித்து ஸ்படிக உருவை அடையச் செய்து சர்க்கரை தயாரிப்பார்கள். இதன் இனிப்பு கரும்பிலிருந்து தயாரித்த சர்க்கரையைவிடக் குறைவுதான். இதில் சில உப்புகள் (Potash salts) பிரியாமல் சிறிதளவு தங்கிவிடுவதால் இதன் இனிப்புக் குறைந்து விடுகிறது. மாப்பசையி (Starch) லிருந்தும் சர்க்கரை தயாரிக்கப்படுகிறது. இதற்கு மாப்பசையைக் கந்தகக் காடியுடன் (Sulphuric acid) கலந்து கொதிக்க வைப்பார்கள். நீண்டநேரம் கொதிக்கவைக்க வேண்டும். பின்னர் இதில் தங்கியுள்ள காடியை நீக்கிவிட்டுக் கரும்புச்சாறு, பீட் கிழங்குச் சாறு இவற்றைச் சுத்தி செய்ததுபோல இதையும் சுத்தி செய்வார்கள். இவ்வாறு சர்க்கரையைத் தயாரிப்பதில் செலவு குறையும் என்று கூறுகிறார்கள். மற்றும், சர்க்கரையைப் பழங்களிலிருந்தும், பாலிலிருந்

தும் ஈச்சஞ்சாறு, பனஞ்சாறு முதலிய வேறு சாறுகளிலிருந்தும் தயாரிக்கலாம். ஒவ்வொருவிதச் சர்க்கரையையும் சிறிது நீரில் கரைத்து அதன் மூலம் ஒருவித ஒளியை (Plane Polarised Light) செலுத்தி அதன் போக்கில் ஏற்படும் மாறுதலை உணர்ந்து சர்க்கரையின் அளவை நிர்ணயித்துவிடுவார்கள். இதனால் ஆலைகளில் சர்க்கரைகளின் தராதரம் வெகு சீக்கிரத்தில் நிர்ணயித்து விடப்படும்.

சர்க்கரையை உற்பத்திசெய்யும் ஆலைகளில் அதன் கழிவுச் சரக்குகளை வீணாக்குவதில்லை. குளிர்விக்கும்போது சர்க்கரைப் பாகில் சிறிதுபாகம் ஸ்படிக உரு ஆகாமல் தங்கிவிடும். இதில் சிறிதளவு புரையைச்(Yeast)சேர்த்துச் சிறிது நேரம் வைக்கப்படும். கள்ளுப்பானையில் நுரைத்து மேலே நிற்கும் ஏடு புரைக்கு ஓர் உதாரணம். புரையுடன் கலந்த பாகு சாராயமாகவும் (Alcohol) கரியமல வாயு (Carbon-di-oxide) வாகவும் பிரிந்துவிடும். சாராயம் நீருடன் கலந்து விடுவதால் அதைக் காய்ச்சி வடித்தல் (Distillation) முறையினால் பிரித்து விடுவார்கள். கரியமலவாயுவையும் வீணாக்குவதில்லை. ஸோடாத் தண்ணீர் முதலிய பானங்களைத் தயார் செய்வதற்கு அது பயன்படும்.

சர்க்கரை தயாரிப்பதில், அதைச் சுத்திசெய்து பகட்டாகச் செய்வதில் தான் செலவு அதிகமாக ஆகிறது என்றும் பகட்டாக அதைத் தயாரிக்காமல்

வெல்லமாகத் தயாரித்து உபயோகப்படுத்துவதில் கெடுதல் ஒன்றுமில்லை என்றும் சிலர் கூறுகிறார்கள். இதனால் இத்தொழிலையும் குடிசைத் தொழில் களில் ஒன்றாக ஏன் செய்யக்கூடாது என்றும் கருதுகிறார்கள். கிராமத்திலுள்ளவர்களுக்கு வேண்டிய அளவுக்கு வெல்லத்தை அவர்களே தயார் செய்வதில் ஆக்ஷேபனை ஒன்றுமிருக்காது. விஞ்ஞானத்தின் துணைகொண்டு பெருத்த அளவில் சர்க்கரை தயார் செய்வதில்தான் அனேக சௌகரி யங்கள் உண்டு.

---

12. சூட்டோட்டம்

சூடு என்பது யாது என்று நெடுநாள் வரை விஞ்ஞானிகளுக்குத் தெரியவில்லை. நீரைப்போல இதுவும் ஒரு பொருள் என்றும் அது ஓடுவதுபோல இதுவும் ஓடுகிறது என்றும் நினைத்து வந்தார்கள். சூடு ஓடுவது உண்மைதான். ஆனால் அது நீரைப் போல ஒரு பொருள் அல்ல என்று சமீபத்தில்தான் தெரிய வந்தது. இவ்வுண்மையைக் கண்டுபிடித்தவர் "ரம்போர்டு" என்னும் விஞ்ஞானி. இவர் சூடு இயக்கத்தினால் உண்டாகிறது என்று காட்டினார். சூடு இயக்கத்தின் விளைவு என்றால் இயங்குவது எவை என்ற கேள்வி பிறந்தது, பொருள்களெல் லாம் அணுக்களால் ஆனவை என்பது நெடுநாள்

முன்னரே அறியப்பட்ட உண்மை. சூட்டிற்குக் காரணம் இவ்வணுக்களின் இயக்கம் தான் என்று அறிந்தார்கள். பலவிதப் பொருள்களின் அணுக்கள் மற்றக் குணங்களில் வேறுபட்ட போதிலும் இதில் வேறுபடவில்லை. எனவே நிரந்தரமான இயக்கம் எல்லா அணுக்களுக்கும் உள்ள பொதுவான பண்பு என்று தெரிகிறது. இவ்வியக்கத்தைப் பொறுத்துப் பொருளின் வெப்ப நிலை (Temperature) அமைகிறது. அணுக்களின் இயக்கம் அதிகமாக இருக்கும் போது வெப்பநிலை உயர்ந்தும் குறைவாக இருக்கும்போது வெப்பநிலை குறைந்தும் இருப்பது தெரிய வந்தது. வெப்ப நிலை உயர்வாக இருக்குமிடங்களிலிருந்து வெப்ப நிலை குறைவாக இருக்குமிடங்களுக்கு இவ்வியக்கம் பரவுவதைத் தான் சூட்டோட்டம் என்கிறோம். நீரோட்டத்துக்கு மட்ட வேற்றுமை காரணமாயிருப்பது போல சூட்டோட்டத்துக்கு வெப்ப நிலை வேற்றுமை காரணமாக இருக்கிறது.

பொருள்களின் வெப்ப நிலையை அறியப் பல கருவிகளை இயற்றி இருக்கிறார்கள். இவற்றுள் ஒன்று தான் "தெர்மாமீட்டர்." ஒருவருக்குக் காய்ச்சலாக இருக்கும்போது வைத்தியர் இக்கருவியை அவர் வாயில் வைத்துப் பார்ப்பார். நோயாளியின் உடல் உஷ்ணத்தினால் இக்கருவியிலுள்ள ரசத்தின் பருமன் அதிகரிக்கிறது. இவ்வதிகரிப்பைக் கொண்டு நோயாளியின் வெப்பநிலை அறியப்படுகிறது. இதைக் குறிக்கும்போது இவ்வளவு டிகிரி

(Degree) வெப்ப நிலை என்று சொல்லுவது வழக்கம். இதில் இரண்டு வகைக் கணக்குகளே பெரிதும் கையாளப்படுகின்றன. ஒன்றுக்கு செண்டிகிரேடு (Centigrade) கணக்கு என்றும் மற்றொன்றுக்குப் பாரன்ஹீட் கணக்கு (Farenheit) என்றும் பெயர். காய்ச்சல் இல்லாமல் இருக்கும்போது ஒருவருக்கு 98.6 டிகிரி பாரன்ஹீட் இருக்கும். ஒரு பொருளின் பருமன் சூட்டினால் அகர்ச்சியடைவது தான் எல்லாத் தெர்மாமீடர்களிலும் முக்கிய தத்துவமாக இருக்கிறது. சோதனைச் சாலைகளில் காற்றின் அகர்ச்சியைப்பயன் படுத்திய தெர்மாமீடர்கள் திருத்தமான அளவுகளைக் காணுவதற்கு உபயோகப்படும். சூட்டினால் ஏற்படும் மற்ற விளைவுகளைப் பயன்படுத்திய கருவிகளைக் கொண்டும் வெப்ப நிலை அளக்கப்படும். உதாரணமாக, சூட்டிற்கும் மின் சாரத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைப் பயன் படுத்திய கருவிகள் அனேகமிருக்கின்றன.

சூடு எவ்வாறு பொருள்களில் ஓடுகிறது என்று இப்போது பார்ப்போம். ஒரு இரும்புக் கம்பி முனையை நெருப்பிலே இட்டு மற்றொரு முனையைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டிருந்தால் என்ன ஏற்படுகிறது. சிறிது நேரத்திற்குள் கம்பியின் வெப்ப நிலை உயர்ந்து அது கையினால் பிடிக்க முடியாமல் சூடேறி விடுவதைப் பார்க்கிறோம். நெருப்பில் இட்ட முனையின் வெப்ப நிலை அதிகரித்து, அங்கிருந்து வெப்பநிலை குறைவாயுள்ள மற்ற முனைக்குச் சூடு ஓடிவருகிறது. எல்லாக் கம்பிகளிலும் சூடு

மிக எளிதாக ஓடி வரும். ஆனால் சில உலோகக் கம்பிகளில் வெகு சீக்கிரத்தில் ஓடி வரும். மற்ற உலோகங்களைக் காட்டிலும் வெள்ளியில் சூட்டோட்டம் சடிதியில் உண்டாகும். உலோகங்களில் ஓடுவதுபோலக் கண்ணாடி, மரம், மண் முதலிய பொருள்களில் சூடு எளிதாக ஓடாது. திடப் பொருள்களில் சூடு ஓடும் விதத்தை உகைத்தல் (Conduction) என்று கூறுவார்கள்.

திரவங்களிலும் வாயுக்களிலும் மேற் சொன்ன முறையில் ஓடும் சூட்டின் அளவு மிகமிகக் குறைவாக இருக்கும். இங்கே வேறு வழியில் சூட்டோட்டம் உண்டாகும். ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் தண்ணீரை எடுத்துக் கொண்டு அதில் சிறிது சாயத்தூளைப் போட்டு நீரைக்காய்ச்சினால் என்ன ஆகிறது என்று கவனிக்கவும். நெருப்புக்குச் சமீபத்திலுள்ள தண்ணீர் சூடேறி விரிந்து மேலேறுவதை உடன் செல்லும் சாயத்தூள்களின் இயக்கத்தைக் கொண்டு பார்க்கலாம். உடனே மேற்பரப்பிலுள்ள குளிர்ந்த தண்ணீர் கீழ்நோக்கி இறங்கி ஓடிவருவதைப் பார்க்கலாம். தண்ணீர் சூடேறச் சூடேற இவ்வாறான மேல் நோக்கிச் செல்லும் அருவிகளும் கீழ் நோக்கி இறங்கும் அருவிகளும் தோன்றிக் கொண்டே இருக்கும். நம் வீடுகளிலுள்ள காற்று நாம் சுவாசிப்பதினால் சூடேறி மேலெழும்புகிறது. ஜன்னல்களின் வழியாக குளிர்ந்த காற்று வீடுகளினுள்ளே நுழைகிறது. இங்கும் காற்று அருவிகள் ஏற்படுவதினால் தான்

வீட்டிலுள்ள காற்று எப்போதும் சுவாசிக்கத் தக்கதாய்த் தூய்மையாய் இருக்கிறது. சூட்டோட்டத்தினால் உண்டாகும் காற்று அருவிகள் நன்ருக ஓடுவதற்கு வீடுகளில் தரைக்கு அருகில் பெரிய ஜன்னல்களும் கூரைக்கு அருகே சிறிய ஜன்னல்களும் வைக்க வேண்டும். இம்மாதிரி சூடு பரவுவதை விரவுதல் (Convection) என்று கூறுவார்கள்.

சிலசமயம் சூடு ஒருவிதப் பொருளின் உதவியில்லாமலும் பாய்ந்து செல்லும். இம்முறையில் சூட்டோட்டம் ஏற்பட்டால் அதற்குக் கிரணித்தல் (Radiation) என்று பெயர். சூரியனிடமிருந்து சுமார் ஒன்பது கோடி மைல் தூரத்திலுள்ள நம்மை நோக்கி ஓடிவரும் சூட்டை இம்முறையினுல் தான் பெறுகிருேம். சூரியனின் சூடு பூமியை அடையுமுன்னே பல மைல்கள் வரை பவனத்தினுள்ளே ஊடுருவி வரவேண்டியிருந்தாலும் பவனம் அதனுல் சூடேறுவதில்லை.

இம்மூன்று முறைகளிலும் சூட்டோட்டம் ஏற்படும் விதத்தை ஓர் உபமானத்தினுல் காட்டிவிட்டு அவற்றின் வித்தியாசங்களைக் கவனிப்போம். கூட்டமாக நிற்கும் மக்களுக்கு ஒருவர் பழங்களை வினியோகிக்க வேண்டியிருப்பதாகக் கொள்வோம். இதையும் மூன்று வகைகளிலே செய்யலாம். வினியோகிப்பவருக்கு அருகில் நிற்கும் மக்களிடம் பழங்களை எடுத்துக் கொடுத்து, அவற்றை முறையே

கைமாறும்படி செய்து, கூட்டத்தார் ஒவ்வொருவரும் தத்தம் இடங்களிலிருந்தே பழத்தைப் பெறும்படி செய்யலாம். இது ஒருவகை. இது உகைத்தலைப் போன்றது. கூட்டத்திலுள்ள ஒவ்வொருவரும் தாமே நேரில் விநியோகிப்பவரிடம் சென்று பழத்தைப் பெற்று மறுபடியும் கூட்டத்தில் சென்று கலந்து விடலாம். இது விரவுதல் போன்றது. விநியோகிப்பவர் பழங்களை எடுத்துக் கூட்டத்தார் ஒவ்வொருவரையும் நோக்கிப் பழத்தை மற்றவர் கையில் சிக்காமல் வீசி எறிந்து வழங்கலாம். இது கிரணித்தலைப் போன்றது. பொருள்களெல்லாம் அணுக்களால் ஆனவை என்று பார்த்தோமல்லவா? நெருப்பில் உலோகக் கம்பியின் ஒரு முனையை இட்டபோது அங்குள்ள அணுக்களின் இயக்கம் சூட்டினல் அதிகரிக்கின்றது. அவை முன்னிலும் வேகமாக இயங்க ஆரம்பிக்கின்றன. இதனால் அடுத்துள்ள அணுக்களையும் வேகமாக இயங்கச்செய்கின்றன. அவையும் வேகமாக இயங்கி அவற்றைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் மற்ற அணுக்களையும் வேகமாக இயங்கச் செய்கின்றன. இவ்வாருக ஒருவித இயக்கம் சூடுண்ட முனையிலிருந்து குளிர்ந்த முனைக்குப் பரவுவதினல் சூட்டோட்டம் உண்டாகிறது. இதுதான் உகைத்தல் என்னும் முறை. தண்ணீரைக் காய்ச்சிய போது நெருப்புக்கு அருகிலுள்ள தண்ணீர் அணுக்கள் சூடேறி இடம் பெயர்ந்து குளிர்ந்த இடங்களுக்கு ஓடுகின்றன. இவ்வாறு சூட்டோட்டம் ஏற்படு

வதை விரவுதல் என்று கூறுகிறோம். மூன்றுவது முறையில் சூட்டோட்டத்துக்குப் பொருளே வேண்டியதில்லை. அப்படி அது செல்லும் பாதையில் பொருள் இருந்தாலும் சூடேறுவதில்லை. இம்முறைக்குத்தான் கிரணித்தல் என்று பெயர்.

இக்கிரணித்தல் முறையை ஆராய்ந்ததின் பயனாகச் சூட்டிற்கும் ஒளிக்கும் உண்டான தொடர்பு தெரிய வந்தது. சூரியனிடமிருந்து நாம் அடையும் சூடும் ஒளியும் கிரணங்களாகவே நம்மை அடைகின்றன. இக்கிரணங்கள் விசும்பில் அலைகளாகப் பரவுகின்றன. அலைகளில் பலவகை உண்டு. சிற்றலைகளுமுண்டு. பெரிய அலைகளுமுண்டு. சூட்டலைகளின் நீளம் ஒளி அலைகளைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு அதிகம். பலநிற ஒளி அலைகள் வெவ்வேறு நீளங்கள் கொண்டிருக்கும். ஒரு பொருளைச் சூடேற்றினால் அதனின்று முதலில் சூட்டலைகள் கிளம்பும். வெப்பநிலை உயர உயர அதற்குத் தகுந்தாற்போல் அதினின்று பலநிற ஒளி அலைகள் வெளிப்படும். இவ்வலைகளைக் கொண்டு பொருளின் வெப்ப நிலையை நிர்ணயித்து விடலாம். சூரியன் முதலிய நக்ஷத்திரங்களின் வெப்ப நிலையை இவ்வாறுதான் நிர்ணயித்தார்கள். ஒரு நக்ஷத்திரம் சிவப்பாகத் தோன்றினால் அதன் வெப்ப நிலை இரண்டாயிரம் டிகிரி சென்டிகிரேடு இருக்கும் என்றும், ஆரஞ்சு நிறமாகத் தோன்றினால் நாலாயிரம் டிகிரி இருக்கும் என்றும், மஞ்சளாகத்

தோன்றினால் ஆறாயிரம் டிகிரி யிருக்கும் என்றும், வெண்மையாகத் தோன்றினால் பதினாயிரம் டிகிரி இருக்கும் என்றும் சோதனை வாயிலாக அறிந்தார்கள். இவ்வாறு செய்த சோதனைகளிலிருந்து சூரியனின் வெப்ப நிலை ஆறாயிரம் டிகிரி இருக்க வேண்டுமென்று ஊகிக்கப் பட்டது. இரும்பு உருகி ஓடிவரும்போது அதன் வெப்ப நிலை சுமார் இரண்டாயிரம் டிகிரி இருக்கும். இதிலிருந்து சூரியனின் வெப்ப நிலை எத்தகையதாக இருக்கும் என்று ஊகிக்கலாம்.

ஒளி அலைகளைப் பற்றின ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டபோது ஒளியின்--காந்த இயலாக இருப்பது தெரிய வந்தது. ரேடியோ நிலயங்களில் அயல் நாடுகளுக்குச் சமாசாரங்களை அனுப்புவதற்கு உபயோகப்படுவது மின் காந்த அலைகள் (Electro magnetic waves) தான். சூட்டலைகள், ஒளியலைகள், ரேடியோ அலைகள் எல்லாம் ஒரேவகை அலைகள் தான் என்று கண்டுபிடித்தார்கள். இவை எல்லாம் நீளத்தில் தொடர்ச்சியாக அமைந்துள்ளன. ரேடியோ அலைகள் சாதாரணமாய் பல அடிகள் நீளம் கொண்டிருக்கும். சூட்டலைகள் சுமாராக அங்குலத்தில் பதினாயிரத்தில் ஒரு பங்கு நீளம் கொண்டிருக்கும். ஊதா ஒளி அலைகள் அங்குலத்தில் அறுபதினாயிரத்தில் ஒரு பங்கு நீளம் கொண்டிருக்கும். இவை ஒவ்வொன்றின் வேற்றுமையும் அலை நீளத்தில் ஏற்பட்ட வேற்றுமை தான் என்று அறிந்தார்கள்.

சூட்டலைகள் ரேடியோ அலைகள் இரண்டும் ஒரே வகையைச் சேர்ந்தவை என்று பார்த்தவுடன் ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு சூட்டைப் பெற லாமா என்று சோதனைகள் செய்யலானார்கள். நீளம் மிகக் குறைவாயுள்ள ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு சமாசாரம் அனுப்பும் நிலையங்களில், இவ்வலைகளை உற்பத்தி செய்யும் கருவிகளுக்கு அருகில் நின்றவர்களுக்குக் காய்ச்சல் உண்டாவதை கவனித்தார்கள். இதன் காரணத்தை ஆராய்ந்த போது இவ்வலைகள் தாக்கினதின் பயனாகவே காய்ச்சல் உண்டாயிற்று என்று அறியப்பட்டது. உடனே இவ்விளைவை வைத்தியத் துறையில் பயன் படுத்தலானார்கள். நோயாளிகளுக்கு ரேடியோ அலைகளினால் காய்ச்சல் காணும்படி செய்து சில வகை வியாதிகளைச் சொஸ்தப் படுத்தி வருகின் றார்கள். தற்காலம் இவ்வலைகள் தொழிற்சாலை களிலும் பயன்பட்டு வருகின்றன. இதில் அனேக சௌகரியங்கள் இருப்பது தெரியவந்தது. சாதா ரணமாக நாம் ஒரு பொருளை சூடு செய்யும்போது ஆரம்பத்தில் அதன் வெளிப்புறமே முதலில் சூடேறுகிறது. ஆனால் ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு சூடேற்றுவிக்கப்படும் பொருளின் உட்பக்கம்தான் முதலில் சூடேறும். மேலும் இவற் றைக் கொண்டு சிறிது நேரத்திலேயே எஃகையும் உருக வைக்கும் சூட்டை பெற்று விடலாம். இதில் செலவும் குறைவு. பெருவாரியாகப் பண்டங்களைத் தயாரிப்பதற்கு செலவுதான் முக்கியம். உதாரண

மாக வங்கம் பூசிய (Tinplate) தகட்டைத் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைகளில் இவ்வலைகளைக் கொண்டு சூடு பெறுவதில் உண்டான சௌகரியத்தைப் பார்ப்போம். முதன் முதலில் இதைத் தயாரிப்பதற்கு எஃகுத் தகடை உருக்கிய வங்கத்தில் முழுக்கி எடுத்து வந்தார்கள். வங்கத்தை உருக்குவதில் செலவு அதிகம். நேரமும் ஆகிறது. இதை உணர்ந்து மின்சாரத்தைக் கொண்டு வங்கப் பூச்சைப் பெறுகிறார்கள். இம்முறையில் வங்கம் தகட்டில் சீராகப் படிவதில்லை. இதனால் தகடு சீக்கிரத்தில் துருப்பிடித்து விடுகிறது. ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு வங்கத்தைத் தக்கவாறு உருக்கி பூச்சு சீராக ஏற்படுமாறு செய்து வருகிறார்கள். அமெரிக்காவிலுள்ள எல்லா ரேடியோ நிலையங்களும் உற்பத்தி செய்யும் அலைகளைவிட அங்குள்ள தகர தகடு தொழிற்சாலைகளில் தான் அதிகமாக ரேடியோ அலைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன என்றால் இவ்வலைகளின் உபயோகத்தை ஊகிக்கலாம், மேலும் ரப்பரைப் பதனிடுவதற்கும், மரப்பலகைகளைப் பதனிடுவதற்கும், இதுபோல எண்ணற்ற காரியங்களுக்கும் இவ்வலைகள் சூட்டலைகளாகப் பயன்பட்டு வருகின்றன.

13. ஒளியோட்டம்

வான வெளியில் ஒளியின் போக்கை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். ஆகாயம் மப்பு மந்தாரமாக இருக்கும்போது மேகத்தைக் கிழித்துக்கொண்டு வரும் சூரிய கிரணங்களைக் கண்டவர்கள் ஒரு பொழுதும் அக்காட்சியை மறக்க முடியாது. இதைக் கண்டவர்களுக்கு ஒளியோட்டத்தின் முதற் பண்பு, நேர் கோடுகளில் செல்லுவது என்று சொல்லாமலே விளங்கும். ஒளியின் கதியை அளந்து பார்த்தபோது உலகில் அதைக்காட்டிலும் வேகமாகச் செல்லக் கூடிய பொருள் ஒன்றுமே கிடையாது என்று தெரிய வந்தது. வெற்றிடத்தில் ஒளிக்கிரணங்கள் செகண்டுக்கு லக்ஷத்து எண்பத் தாறுயிரத்து முந்நூறு மைல் வீதம் பரவுவதைக் கண்டார்கள். சூரியனில் கிளம்பும் ஒளி எட்டு நிமிஷத்தில் பூமியை வந்தடைகிறது. முதன் முதல் ஒளிக்கிரணங்களெல்லாம் மிகச் சிறிய துகள்களின் பாதைகளாக இருக்கவேண்டு மென்று நினைத்தார்கள். அதனால்தான் ஒளிக் கிரணங்கள் நேர் கோடுகளாக இருக்கின்றன என்று கருதினார்கள். மிகச் சிறிய துகள்களாக இருந்த போதிலும் அளவு கடந்த கதியின் விளைவாக இவை அதிக ஆற்றலுடன் இருக்கின்றன என்று கூறினார்கள். ஒளியை வெளியிடும் பொருள்களி லிருந்து இத் துகள்கள் கிளம்பி, நாலுதிசைகளிலும் செல்லுகின்றன என்றும் இத் துகள்கள் கண்ணாடி

போன்ற பொருள்களின் மூலம் சுலபமாக ஊடுருவிச் சென்று விடுகின்றன என்றும் கருதி வந்தார்கள். இத் துகள்கள் பொருள்களின்மீது மோதும்போது ரப்பர்ப் பந்தைப் போல நெகிழ்ச்சி வன்மையால் பிரதி பலிக்கப் படுகின்றன என்றும், பொருள்களை ஊடுருவிச் செல்லும்போது அவற்றின் அணுக் களால் கவரப்படுகின்றன, ஆதலால்தான் அவை நுழைந்த திசைக்குச் சற்று விலகிச் செல்லுகின்றன என்றும் இவ்வொருக ஒளிப் பிரதிபலனத்திற்கும் (Reflection) ஒளிக் கோட்டத்திற்கும் (Refraction) காரணம் கூறினார்கள். இது உண்மையாய் இருக் கும் பக்ஷத்தில் தண்ணீரில் ஊடுருவிச் செல்லும் போது ஒளி அதிக வேகத்துடன் செல்ல வேண்டு மென்று ஏற்பட்டது. அதாவது ஒளியின் கதி வெற்றிடத்தில் இருப்பதைவிட அதிகமாகத் தண்ணீ ரில் இருக்க வேண்டுமென்று ஏற்ப்பட்டது.

சோதனை செய்து பார்த்தால் உண்மை தெரிந்து விடுகிறது என்று நினைத்து, தண்ணீரில் ஒளியின் கதியை அளந்தார்கள். ஒளி வெற்றிடத்தில் செல்லுவதைவிடச் சற்றுத் தாமதமாகவே தண் ணீரில் செல்லுவது தெரிய வந்தது. எனவே ஒளிக் கிரணங்கள் சிறிய துகள்களின் பாதையாக இருக்க முடியாதுஎன்று ஐயம்உண்டாயிற்று. வேறு சில ஒளி நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டார்கள். துகள்களைக்கொண்டு அவற்றுக்குக் காரணம் கூறமுடியவில்லை. அவற்றில் ஒன்று நியூட்டன் (Newton) கண்டுபிடித்த ஒளி வளையங்கள். ஒருகண்ணுடிச்சில்லியின்மீது மற்றொரு

கண்ணுடி வில்லையை வைத்து, மஞ்சள் ஒளியில் பார்த்தபோது அதன் மீது ஒளியும் இருளும் மாறி மாறி வட்டங்களாகத் தோன்றுவதைக் கவனித்தார். மஞ்சள் ஒளியில் சோதிக்காமல், வெள்ளொளியில் சோதிக்கும்போது, பல வர்ண ஒளி வட்டங்கள் தோன்றுவதைப் பார்த்தார். நீரில் சிறிது எண்ணெய் விழுந்தவுடன் பல வர்ணங்கள் தோன்றுவதைப் போல இங்கும் தென்படுவதை நியூட்டன் கண்டார். இதற்குக் காரணம் துகள்களைக் கொண்டு சொல்ல முடியவில்லை. இது இவ்வாறு இருக்க, எங் (Young) என்ற விஞ்ஞானி மற்ருெரு ஒளி நிகழ்ச்சியைக் கண்டார். ஒளியையும், ஒளியையும் சேர்க்கும்போது இருள் உண்டாவதை இவர் கண்டார். ஒளிக்கிரணங்கள் துகள் துகளாக இருக்குமாளுல் துகள்களையும் துகள்களையும் சேர்க்க அதிக துகள்கள் அல்லவா கிடைக்க வேண்டும்.

துகள்களே இல்லாமல் எவ்வாறு ஆகமுடியும் என்று இவர் கேட்டார். எனவே ஒளிக்கிரணங்கள் துகள்களின் பாதையாக இருக்கமுடியாது. அலைகளின் பாதையாகத்தான் இருக்க முடியும் என்று கூறினர். இதற்கு ஒலி நிகழ்ச்சி ஒன்றிலிருந்து ஓர் உதாரணத்தையும் காட்டினர். ஒரே சுருதியுள்ள ஒலி அலைகளைச் சேர்க்கும்போது ஒலி மறைந்து விடுவதுண்டு. ஒலியைப்போல ஒளியும் அலைகளாளுல் ஒளி அலைகள் வளைந்து செல்ல வேண்டுமே, அவ்வாறில்லாமல் நேர் கோடுகளில் அல்லவா செல்லுகின்றன என்று சிலர் கேட்க

லானார்கள். அதாவது ஒளிக்கும் நிழல் இருக்க முடியாது என்று ஏற்பட்டது. இதைச் சற்று விளக்குவோம். ஒலி தோன்றுமிடத்திற்கும் நமக்கும் இடையே ஒரு சுவர் இருந்தாலும், சுவரைத் தாண்டிக்கொண்டு ஒலி அலைகள் வளைந்து நம் காதில் விழுகின்றன. ஆனால் ஒரு சந்தின் வழியே வரும் ஒளியின் பாதையில் சந்தைவிடச் சிறிய பொருளைக் குறுக்கிட்டால் அதற்கு மேலும் கீழும் ஒளிக்கிரணங்கள் நேரே செல்லுவதையும் அப்பொருளின் பின் நிழல் விழுவதையும் பார்க்கிறோம். ஒலியைப்போல ஒளியும் அலைகளாக இருக்குமானால் பொருளின் பின்புறத்திலுள்ள நிழலிலும் ஒளி பரவ வேண்டுமே என்று விஞ்ஞானிகள் சந்தேகித்தார்கள். மிக நுட்பமான கருவிகளைக் கொண்டு சோதனை செய்து பார்க்கும்போது அப்பொருளின் பின்புறப் பிரதேசம் முழுதும் நிழலாயில்லாமல் அந்நிழலின் ஓரங்களில் நிழலுக்குள்ளும் ஒளிபரவியுள்ளதைக் கண்டார்கள். இவ்வாறு ஒளி நுழைந்துள்ள இடம் அங்குலத்தில் ஆயிரத்திலொரு பங்கைவிடக் குறைவாக இருப்பதினால் ஒளி படர்ந்த நிழல் பாகம் நமக்குத் தெரியாமற் போயிற்று என்றும் நுட்பமான கருவிகளைக் கொண்டு நிழலைப் பரிசோதித்தால் தான் அது தென்படுகிறது என்றும் காட்டினார்கள். ஒலி அலைகளைவிட ஒளி அலைகள் பல மடங்கு சிறியனவாக இருப்பதினால்தான் ஒளி நேர் கோடுகளில் வருவதுபோலத் தோன்றுகிறது என்றும் காரணம் கூறினார்கள்.

ஒலியைப்போல ஒளியும் அலைகளானல் ஒலி பரவுவதற்குப் பொருள் வேண்டியிருப்பது போல ஒளிபரவுவதற்கும் பொருள் வேண்டுமென்று ஏற்பட்டது. அதாவது ஒலி காற்றின் மூலமாகவோ தண்ணீரின் மூலமாகவோ அல்லது கட்டிப் பொருளின் மூலமாகவோ தான் பரவும். வெற்றிடத்தில் ஒலி அலைகள் பரவிச் செல்ல மாட்டாது. ஆனல் ஒளி வெற்றிடத்திலும் செல்லுகிறது. ஒளி அலைகள் பரவுவதற்கு விசும்பு (Ether) என்னும் மிகமிக நுண்ணியபொருள் ஒன்று எங்கும் வியாபித்து இருக்க வேண்டுமென்று கருதினர்கள். இப்பொருள் தன் மூலம் ஒளி அலைகளை அனுப்புவதற்காக விசித்திரமான பண்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டுமென்று ஏற்பட்டது. ஒளி அலைகள் வெகு வேகமாகச் செல்லுவதினல் விசும்பின் செறிவு (Density) காற்றைவிட மிகமிகக் குறைவாக இருக்க வேண்டுமென்றும் இதன் நெகிழ்ச்சி வன்மை (Elasticity) எஃகைவிடப் பல மடங்கு அதிகமாக இருக்க வேண்டுமென்றும் ஏற்பட்டது. ஒரே சமயத்தில் கெட்டியாயும் லேசாயும் உள்ள இவ் விசித்திரப் பொருள் உண்மையில் இருக்கின்றதா என்று சோதனை செய்து பார்க்கலானர்கள். மைக்கேல்ஸன் (Michaelson) என்ற அமெரிக்க தேசத்து விஞ்ஞானி இவ் விசித்திரப் பொருள் இருக்க முடியாது என்று நிரூபித்துக் காட்டினர். இப் பொருள் இல்லை என்றல் ஒளி அலைகளாக இருக்க முடியாதே என்று விஞ்ஞானிகள் திகைத்துப் போனர்கள்.

இச்சங்கடத்தை மாக்ஸ்வெல் (Maxwell) என்ற ஆங்கில விஞ்ஞானி நிவர்த்தி செய்தார். இவர் கணக்கியலாகவே மின்காந்த அலைகள் (Electro magnetic waves) என்ற ஓர் வகை அலைகள் இருக்க வேண்டுமென்றும் அவை செல்லுமிடங்களில் மின்சக்தி காந்த சக்தி இரண்டும் எப்பொழுதும் தோன்ற வேண்டும் என்றும் காட்டினர், மேலும் இத்தகைய அலைகள் ஒளி செல்லும் வேகத்துடன் செல்ல வேண்டுமென்றும் சொன்னர். இவர் கூறியது உண்மைதானு என்று "ஹெர்ட்ஸ்,' என்ற ஜெர்மனி தேசத்து விஞ்ஞானி பரிசோதனை செய்து பார்க்கும்போது அவை இருப்பதையும் அவை ஒளி செல்லும் கதியுடன் செல்வதையும் கண்டார். உடனே இவ்வலைகளைக் கொண்டு அயல் நாடுகளுக்குச் சமாசாரத்தை அனுப்புவதற்குச்சாதனங்களைக் கண்டுபிடித்தார்கள். ஆங்காங்கே ரேடியோ நிலையங்கள் ஏற்பட்டன. இப்புது வகை மின்காந்த அலைகள் பரவிச் செல்வதற்குப் பொருள் ஒன்றும் வேண்டியதில்லை. வெற்றிடத்திலும் இவை செல்லும். உடனே ஒளி அலைகள் இம்மின்காந்த அலைகளின் வகையைச் சேர்ந்ததாக இருக்க வேண்டும் என்று கூறினர்கள். வேறு சில ஒளி நிகழ்ச்சிகளும் இம்முடிவை ஊர்ஜிதப் படுத்தின.

ஒளியை மின்புலத்தின் (Electric field) மூலமாகவோ அல்லது காந்தப்புலத்தின் (Magnetic field) மூலமாகவோ செலுத்திஞல் அதன் தன்மை மாறி விடுவதைப் பாரடே (Faraday), ஜீமான்

(Zeeman) என்ற விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். ஒளி மின்காந்த இயல்பு கொண்டிராவிட்டால் இம்மாதிரி ஏற்படாது என்று கூறினார்கள். ஒளி, மின்சாரம், காந்தம் எல்லாம் தொடர்பு வாய்ந்தவையே என்று தெரிய வந்தது. ஒளி அலைகள் மட்டும் அல்லாமல் வெப்ப கிரணங்கள் எக்ஸ் கிரணங்கள், காமா கிரணங்கள் (Gamma rays) முதலிய எல்லா வகைக் கிரணங்களும் மின்காந்த அலைகள் தான் என்று நிரூபிக்கப்பட்டது.

அலைகளில் நீளமான அலைகளும் உண்டு. ரேடியோ மூலம் அயல் நாடுகளுக்குச் சமாசாரம் அனுப்புவதற்கு உபயோகப்படும் மின் காந்த அலைகளின் நீளம் அடிக்கணக்கில் இருக்கும். சமீபத்தில் அங்குலத்தில் இருபத்தைந்தில் ஒரு பங்கு நீளமுள்ள ரேடியோ சிற்றலைகளையும் கண்டு பிடித்து விட்டார்கள். இரண்டாவது உலகப்போரின் நிமித்தம் பிரபலமடைந்த விஞ்ஞான சாதனங்களுள் ஒன்றாகிய ரேடாரில் (Radar) இம்மிகக் குறுகிய அலைகள் தான் பயன்படுகின்றன. இவ்வலைகளைக் கொண்டு கடலிலுள்ள கப்பல்கள், பனி மலைகள், வானத்திலுள்ள விமானங்கள் முதலியவற்றின் இருப்பிடத்தை அவைகளினுதவியின்றியே அறிந்து வருகின்றார்கள்.

ஒளி அலைகளின் நீளம் ரேடியோ அலைகளின் நீளத்தைவிட மிகச்சிறியது. பலநிற ஒளிகளும், பல வேறு நீளமுடைய அலைகளாகும். சிவப்பு ஒளி

அலையின் நீளம் அங்குலத்தில் முப்பதினுயிரத்தில் ஓர் பங்கு இருப்பதையும் ஊதா ஒளி அலையின் நீளம் அங்குலத்தில் அறுபதினுயிரத்தில் ஓர் பங்கு இருப்பதையும் கண்டார்கள். இவ்விரண்டிற்கும் இடையே மற்ற நிற ஒளி அலைகளின் நீளங்கள் அமைந்திருக்கின்றன. சூட்டலைகள் சிவப்பு நிற ஒளி அலைகளின் நீளத்தைவிட அதிகமான நீளம் கொண்டிருப்பதைப் பார்த்தார்கள். ஆஸ்பத்திரிகளில் பயன்படும் எக்ஸ் கிரணங்களின் அலைகளின் நீளம் சாதாரணமாக அங்குலத்தில் கோடியில் ஓர் பங்கு இருப்பது தெரிந்தது. இந்நூற்றுண்டின் ஆரம்பத்தில் ரேடியம் (Radium) என்று ஒரு கதிரியக்கப் பொருளை (Radio active substance) கண்டுபிடித்தார்கள். இது ஓயாது பல வகைக் கிரணங்களை வீசிக்கொண்டிருக்கும் இயல்பானது. அக்கிரணங்களில் ஒன்றுன காமா கிரணங்களும் (Gamma rays) மின் காந்த அலைகளே என்று கண்டார்கள். இவ்வலைகளின் நீளம் சாதாரணமாக அங்குலத்தில் முந்நூறு கோடியில் ஓர் பங்காக இருப்பதை அறிந்தார்கள். இவ்வாருக எல்லா அலைகளும் தொடர்ச்சியாக அமைந்திருப்பதையும் அவை எல்லாம் செகண்டுக்கு நூற்று எண்பத்தாருயிரத்து முந்நூறு மைல் வீதம் பரவுவதையும் உணர்ந்தார்கள். சிவப்பு முதல் ஊதாவரை உள்ள மின்காந்த அலைகளைத் தவிர மற்ற எல்லா மின்காந்த அலைகளும் கண்ணுக்குப் புலனுகாது. தக்க கருவிகளைக் கொண்டுதான் அவற்றை அறிய முடியும்.

ஒளியின் மூலகாரணத்தை ஆராயும்போது அது பொருள்களின் அணுக்களிலிருந்து வெளிப்படுவது தெரிய வந்தது. எல்லாப் பொருள்களும் கோடிக்கணக்கான அணுக்களால் ஆனவை என்பது நெடு நாட்களுக்கு முன்பே ெரிதந்த விஷயம். அணுவுக்குள்ளும் ஓர் அமைப்பு இருப்பது சமீபத்தில்தான் தெரியவந்தது. ஒவ்வொரு அணுவின் நடுவிலும் பரமாணு (Proton) என்னும் மிகை மின்சாரம் ஏற்றுள்ள பாகம் சிலந்தி தன் வலையின் நடுவே இருப்பதுபோல இருப்பது தெரியவந்தது. இதைச்சுற்றி வேறு துகள்கள் இருப்பதையும் அவை எல்லாம் குறை மின்சாரத்தை ஏற்று மிக மிகக் குறைவான எடையுடன் இருப்பதையும் கண்டார்கள். இவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயர். உலகில் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருகள் (Elements) தான் உண்டு. அவற்றின் அணுக்களில் நடு முதலைச் சுற்றி ஒன்றுமுதல் தொண்ணூற்றிரண்டு வரை மின்னுருக்கள் ஓடி வருவது தெரியவந்தது. வெங்காயத்தைச் சூழ்ந்து பல்வேறு மூடிகள் இருப்பதுபோல நடுமுதலைச் சுற்றிப் பல அடுக்குகளில் இம்மின்னுருக்கள் ஓடி வருகின்றன. பொருளின் தன்மைக்குத் தகுந்தவாறு பல அடுக்குகளில் ஓடிவரும் மின்னுருக்கள் அமைவதைப் பார்த்தார்கள். மின்னுருக்கள் ஒரு அடுக்கிலிருந்து மற்ெருரு அடுக்குக்குத் தாவும் போதுதான் ஒளி உண்டாகிறது என்று அறிந்தார்கள்.

ஒளிக்கு மூலகாரணத்தை அறியச் செய்த ஆராய்ச்சிகள், ஒளி அலைகள் என்பது முற்றிலும் உண்மை அல்ல என்று காட்டின. அணுவினுள் மின்னுருக்கள் ஒரு அடுக்கிலிருந்து மற்றொரு அடுக்குக்குத் தாவும்போது ஒளி தொடர்ந்து வெளிப்படாமல் தொடர்பற்று வெளிவருவது தெரியவந்தது. அலை இயக்கமானல் ஒளி தொடர்ந்து வெளிப்பட வேண்டும். எனவே இம்முடிவு அலை இயக்கத்திற்கு முரணாகவிருக்கிறது. ஒளி பொருண்மையான துகள் போன்று இருந்தாலன்றி, தொடர்பற்று வெளிப்பட முடியாது. எனவே ஒளிக் கிரணங்கள் துகள்களின் பாதை என்று முதன் முதலில் மேற்கொண்ட கொள்கைக்கு மறுபடியும் வந்தார்கள். இதை ஊர்ஜிதப்படுத்தியது மற்றொரு ஒளி நிகழ்ச்சி. ஸோடியம் (Sodium) பொடாஸியம் (Potassium) என்று இரண்டு உலோகங்கள் உண்டு. இவற்றின்மீது ஊதா ஒளிக்கும் குறைவான அலை நீளமுள்ள ஒளி விழும்போது மின்னுருக்கள் வெளிப்படுவதைப் பார்த்தார்கள். உலோகத்தின் அணுக்களிலிருந்து இம்மின்னுருக்கள் வெளிவருவது தெரியவந்தது.

இவை எவ்வாறு வெளிப்படுகின்றன என்று ஆராய்ந்து பார்த்தபோது ஒளியின் பொருண்மைக் குணம் வெளிப்பட்டது. ஒளிக்கிரணங்கள் துகள்களின் பாதைதான் என்று இந்நிகழ்ச்சி ஐயந்திரிபு இன்றி எடுத்துக்காட்டியது. எனவே ஒளிக்கு இரண்டு குணங்களும் இருப்பதாக முடிவுகட்டினர்

கள். ஒளி ஒரோரமயம் அலைபோன்றும் மற்றோரமயம் துகள் போன்றும் ஒழுகுவதாகக் கூறினார்கள். அலை நீளம் குறைவாக உள்ள ஒளிக்குத்தான் இத் துகள் பண்பு அதிகமிருப்பது தெரிய வந்தது. அறவே வேறான இரண்டு தன்மைகளும் ஒளியோட்டத்துக்கு இருப்பதுதான் விஞ்ஞானிகள் கண்ட விசித்திரம்.

---

14. காற்றோட்டம்

நாம் வசிக்கும் பூமியைச் சூழ்ந்து இருப்பது நீரும் காற்றும். பூமி முழுவதையும் நீர் சூழ்ந்திருக்கவில்லை. ஆனால் காற்று பூமி முழுவதையும் பல மைல்கள்வரை சூழ்ந்திருக்கிறது. பூமியின் மேற்புறமும் உட்புறமும் கெட்டியான திண் பொருள். அதைச் சூழ்ந்துள்ள கடல்நீர் பூமியைக் காட்டிலும் லேசான திரவப்பொருள். இவ்விரண்டையும் சூழ்ந்துள்ள காற்று மிகவும் லேசான வாயுப்பொருள். கடலின் ஆழமும் காற்றின் உயரமும் பூமியின் பரிமாணத்தைவிடப் பன்மடங்கு சிறியவை. பூமியை ஒரு அடி விட்டம் கொண்ட பந்துக்கு ஒப்பிட்டால், கடலின் ஆழத்தை ஓர் அங்குலத்தில் நூறில் ஒரு பங்காகக் குறிப்பிட வேண்டும். காற்றின் உயரத்தை அங்குலத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்காகக் குறிப்பிட வேண்டும்.

திடப் பொருள்களிலும், திரவப் பொருள்களிலும் பலவகை இருப்பதை எளிதாய்க் காண்கிருேம். அதுபோலவே வாயுப்பொருள்களிலும் பலவகையுண்டு. இதை நாம் எளிதாய் அறிய முடியாது. சோதனை செய்தே இவ்வகைகளைக் காணலாம். காற்று ஒரே ஒரு வாயுவினுல் மட்டும் அமைந்ததல்ல. அது பல வாயுக்கள் சேர்ந்த கலவை. காற்றில் பெரும்பாலும் வளிரம் (Nitrogen) என்னும் வாயுத்தான் உண்டு; நூற்றில் சுமார் எழுபத்தெட்டுப் பங்கு இருக்கும். இருபது பங்கு உயிரியம் (Oxygen) என்னும் வாயு இருக்கும். மடியம் (Argon) கரியீருயிரி (Carbon di oxide), நீரகம் (hydrogen) போன்ற வாயுக்கள் ஒவ்வொன்றும் சிறிதளவு இக் கலவையில் உண்டு. இவற்றுடன் நீராவியும் சேர்ந்திருக்கும்.

காற்று லேசான போதிலும்கூட அதற்கு எடையுண்டு. பல மைல்கள் உயரம்வரை நிற்கும் காற்று பூமியின் மேலுள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் அமுக்குகிறது. இதன் அளவு ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு ஏறக்குறைய பதினைந்து பவுண்டு எடை என்று கண்டிருக்கிருர்கள். இவ்வமுக்கத்தை நம் உடல் ஏன் உணரவில்லை என்று நினைக்கலாம். இதற்குக் காரணம் நம் ரத்தக்குழாய்களின் அமைப்பு. அவற்றில் ஓடும் ரத்தம் இதை எப்பொழுதும் எதிர்த்துக் கொண்டிருப்பதால் நாம் காற்றின் எடையை அறியவில்லை. இதைச் சுலப

மாக ஓர் சோதனையினால் காட்டலாம். ஒரு டம்ளர் முழுவதையும் தண்ணீரால் நிரப்பி, அதன்வாயை ஒரு மெல்லிய அட்டையினால் மூடித் தலைகீழாகக் கவிழ்த்தால் அட்டை கீழே விழாமல் நிற்கும். இது செப்பிடு வித்தை போலிருக்கும்.

தண்ணீர் கனமாயிற்றே, அட்டை அதன் எடையைத் தாங்கமாட்டாமல் கீழே விழ வேண்டுமே என்று நினைக்கலாம். டம்ளரில் உள்ள தண்ணீர் அட்டையைக் கீழே அழுத்துவது உண்மைதான். ஆனால் புறத்திலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் அட்டையை மேல்நோக்கி அமுக்குகிறது. காற்றின் அமுக்கம் டம்ளரில் எடுத்துக்கொண்ட நீரின் எடையைக் காட்டிலும் அதிகமாயிருப்பதினால் அட்டை கீழே விழுவதில்லை. தண்ணீர் சுமார் முப்பத்திரண்டு அடி உயரத்துக்கு அதிகமாகி விட்டால் காற்றின் அமுக்கம் அதைத் தாங்க முடியாது. இதே தத்துவத்தைக் கொண்டுதான் காற்றின் அமுக்கம் அளக்கப்படுகிறது. ஆனால் தண்ணீருக்குப் பதிலாக பாதரசம் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். சோதனைகளினால் காற்றின் அமுக்கம் சுமார் முப்பது அங்குலம் உயரமுள்ள ரசநிரையின் எடைக்குச் சமமாக விருப்பதைக் கண்டார்கள்.

பூமியைச் சூழ்ந்துள்ள காற்று முழுவதும் ஒரே செறிவைக் (Density) கொண்டிருந்தால் காற்றின் அமுக்கத்தை அறிந்து அதன் உயரத்தைச்

சுலபமாகக் கணக்கிட்டு விடலாம். உயரச் செல்லச் செல்ல, காற்றின் அமுக்கம் குறைவதால் அதன் செறிவும் குறைந்து கொண்டே போகிறது. எனவே காற்றின் உயரத்தை நிர்ணயிப்பது சற்றுக் கடின மாகிறது. இருந்த போதிலும் நூறுமைல் உயரம் வரை காற்று இருக்க வேண்டுமென்று தெரிகிறது. வான நூல் சோதனையிலிருந்தும் இவ்வுண்மை நிறுவப்பட்டது. வால் நக்ஷத்திரங்கள் மிகுந்த வேகத்துடன் செல்லும் சிறிய திண்பொருள்கள். அவை விழுந்து வெற்றிடத்தைத் தாண்டிவரும் வரை நமக்குப் புலப்படாது. அவை காற்று மண்டலத்தில் நுழைந்து காற்றின் தடையை மீறி வரும்போதுதான் சூடேறி ஒளியை வெளி யிட்டு நமக்குப் புலனுகிறது. அப்பொழுது அவை இருக்கும் உயரம் சுமார் நூறு மைல் என்று சோதனையினுல் அறிந்தார்கள். எனவே காற்றின் உயரமும் இதே அளவாகத்தான் இருக்க வேண்டு மென்று ஊகிக்கப்பட்டது.

காற்றின் அமுக்கம் வெவ்வேறு உயரங்களில் வெவ்வேருக இருப்பதுடன் ஓரிடத்திலே காலப் போக்கில் மாறுபடுகிறது. நீர், உயரத்திலிருந்து பள்ளத்துக்கு ஓடி வருவது போலக் காற்றும் அமுக்கம் அதிகமுள்ள இடத்திலிருந்து தாழ்ந்த இடத்துக்கு ஓடிவரும். பூமியைச் சூழ்ந்து சில இடங்களில் அமுக்கம் எப்பொழுதும் அதிகமாயும் சில இடங்களில் எப்பொழுதும் குறைவாயும் இருக்

கிறது. பூமத்திய ரேகைக்கு (Equator) மேலும் கீழும் உள்ள காற்றின் அமுக்கம் எப்பொழுதும் குறைவாகவே இருப்பதை அறிந்தார்கள். துருவங்களுக்குச் சமீபத்தில் எப்பொழுதும் காற்றின் அமுக்கம் அதிகமாகவே இருப்பதைக் கண்டார்கள். இவ்விரண்டிற்கும் நடு மத்தியில் உள்ள இடங்களிலும் காற்றின் அமுக்கம் அதிகமாக இருப்பதும் தெரியவந்தது. இவ்விடங்களை (Tropical high pressure belts) என்று கூறுவார்கள்.

இவ்விடங்களிலிருந்து பூமத்திய ரேகைக்குச் சமீபத்திலுள்ள இடங்களுக்குக் காற்ரேட்டம் ஏற்படும். பூமியின் சுழற்சியின் விளைவாகக் காற்ரேட்டத்தின் திசை வட கோளத்தில் சற்று வலதுபுறமாகவும் தென் கோளத்தில் சற்று இடதுபுறமாகவும் மாறிவிடுகிறது. அதாவது வட கோளத்தில் காற்ரேட்டம் வட கிழக்காகவும், தென் கோளத்தில் தென் கிழக்காகவும் இருக்கும். இக்காற்ரேட்டங்களுக்குத்தான் Trade winds என்று பெயர். இவற்றின் பலம், திசை இரண்டும் எப்பொழுதும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும். இக்காற்ரேட்டங்களுக்குக் காரணம் பூமத்திய ரேகைக்கும் துருவங்களுக்கு மிடையே உள்ள இடங்கள் வெவ்வேறு அளவுக்குச் சூடேறுவதுதான்.

ஓரிடத்திலேயும் சூட்டு வேற்றுமையினல் காற்ரேட்டம் ஏற்படலாம். கடற்கரை யோரத்தில் உள்ள இடங்களிலும், ஏரிகள் மலைகள் இவற்றுக்கு

அருகிலுள்ள இடங்களிலும் காற்ருேட்டம் ஏற்படு வதற்கு இதுதான் காரணம். கடல் ஏரி போன்ற நீர் நிலைகளைக் காட்டிலும் பூமி பகலில் அதிகமாகச் சூடேறி விடுவதால் அதன் அருகிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் குறைந்து விடுகிறது. எனவே நீர் நிலை களுக்கு அருகிலுள்ள காற்று கரையை நோக்கி வீசுகிறது. இரவில் பூமி, தான் உட்கொண்ட வெப்பத்தை நீர் நிலைகளைக் காட்டிலும் சீக்கிரம் இழப்பதால் அப்பொழுது தரையிலிருந்து நீர் நிலை களை நோக்கிக் காற்று அடிக்கிறது. ஏரியின் பரப்பு, கடலைவிட மிகச் சிறியதாகையால் கடற் காற்றை விட ஏரி காற்று வலிமை குறைந்திருப்பதின் காரணத்தை அறியலாம். மலைக்குச் சமீபத்திலுள்ள காற்றின் சூட்டு வேற்றுமையினுல் இதே மாதிரி அதன் அருகிலும் காற்ருேட்டம் ஏற்படுகிறது.

காற்ருேட்டம் நீரோட்டத்தைப் போலச் சக்தி வாய்ந்தது. பெரிய பாறைகளைப் புரட்டிச் செல்லும் வலிமை வாய்ந்தது நீரோட்டம். ஆனுல் சாதாரண காலங்களில் காற்ருேட்டத்தின் வலிமை அவ்வளவு அதிகமாக இருப்பதில்லை. காற்ருேட்டத்தின் உதவி யைக் கொண்டுதான் பாய்மரக் கப்பல்கள் கடலில் செல்லுகின்றன. பாலைவனப் பிரதேசங்களில் கற் பாறைகளில் வீறல் விளிம்புகள் ஏற்படுமாறு செய்து விடும் இக் காற்ருேட்டம். உதாரணமாக, எஜிப்தில் உள்ள Spinx என்ற பிரசித்திபெற்ற சிலையில் ஏற்பட்ட வீறல்கள் இதனுல்தான் என்று கூறப்படு

கிறது. மற்றும் மணற் பரப்பு அலைபோல அமைந்திருப்பதும் காற்றேட்டத்தின் விளைவினுல்தான்.

சில சமயம் காற்றேட்டத்தின் வலிமை அளவு கடந்துவிடும். அப்பொழுது அதைப் புயற்காற்று (Cyclone) என்று கூறுவார்கள். புயற் காற்றுக்குச் சில விசேஷப் பண்புகள் உண்டு. அது உண்டாகும்போது ஒரு வட்டத்தின் பாதியிலிருந்து மையத்தை நோக்கிக் காற்றேட்டம் ஏற்படும். சாதாரணமாகப் புயற்காற்றின் வடிவம் நீர்ச் சுழிகளைப்போல வட்டமாகவே இருக்கும். சில சமயம் வட்டமாக இல்லாமல் கோழி முட்டை வடிவமாகவும் இருக்கும். வட்டத்தின் விட்டம் சுமார் முந்நூறு மைல்களிலிருந்து இரண்டாயிரம் மைல்கள் வரை இருக்கலாம். உயரம் ஐந்து அல்லது ஆறு மைல்கள்தானிருக்கும். மேலும் இவ்வட்டம் நகர்ந்துகொண்டே செல்லும். செல்லும் வேகம் மணிக்கு இருபது அல்லது முப்பது மைல் இருக்கும். புயற் காற்றின் வேகம் வட்டம் செல்லும் வேகத்தினின்றும் வேறுபட்டது. வட்டத்தின் பரிதியிலிருந்து மையத்தை நோக்கி ஓடி வரும் காற்றின் வேகத்தைத்தான் நாம் புயற்காற்றின் வேகம் என்று கூறுகிறேம். புயற் காற்றுடன் மேகங்களும் இழுத்துச் செல்லப்பட்டு மழை உண்டாகும். ஓரிடத்தில் வட்டத்தின் முன் பகுதி தாண்டிச் செல்லும்போதுதான் அதிக மழை உண்டாகும். பின் பகுதி தாண்டிச் செல்லும்போது காற்று மட்டும்தான் வீசும். சில சமயம் வட்டத்தின்

மையத்திலிருந்து பரிதிக்குச் செல்லச் செல்ல, காற்றின் அமுக்கம் குறைந்துகொண்டே போவதுண்டு. இவ்வாறு இருந்தால் இப்புயற் காற்றுக்கு எதிர்ப் புயற்காற்று என்று பெயர். இது உண்டாகும் போது காற்று மையத்திலிருந்து பரிதிக்குக் காற்ருேட்டம் ஏற்படும். புயற் காற்றுகளினுல் பெரும்பாலும் கடற்கரைப் பிரதேசங்களுக்குத்தான் தீங்கு அதிகம்.

---

15. நீரோட்டம்

ஆறுகளுக்குப் பெயர் போனது நமது தேசம். ஆற்ருேரங்களில் தான் மக்கள் முதன் முதலில் வசித்துவந்ததாகக் கூறப்படுகிறது. விவசாயத்திற்கு மட்டுமல்லாமல் எல்லாவிதத் தொழிற் சாலைகளுக்கும் ஆறுகள் அவசியம். ஆறுகள் அதிகமுள்ள நாடுகளில் தொழிற் சாலைகளுக்கு வேண்டிய மின்சார சக்தியைச் சுலபமாகவும், குறைந்த செலவிலும் உற்பத்திசெய்து விடலாம். அமெரிக்காவில் மின்சார சக்தியை ஆறுகளைக்கொண்டுதான் அதிகமாக உற்பத்திசெய்து வருகின்ருர்கள். நம் நாட்டில் சிறிது அளவுக்குத் தான் ஆறுகளை மின்சார உற்பத்திக்குப் பயன் படுத்தி வருகின்ருேம்.

தண்ணீர் ஓடினுலும் தேங்கி நின்ருலும் அதற்குச் சக்தி அதிகம் உண்டு. ஆக்கல், அழித்தல்

இரண்டையும் செய்ய வல்லமையுடையது. சில சமயம் ஆறுகளில் நீரோட்டம் கட்டுக் கடங்காமல் உண்டாகி, வெள்ளம் ஏற்படுவதை நாம் அறிவோம். பிரதி வருஷமும் வங்காளத்தில் தாமோதர நதியில் வெள்ளம் உண்டாகி அநேக கிராமங்கள் நாசம் அடைவதாகக் கூறப்படுகிறது. நீரோட்டத்தைப் போலக் காற்ரேட்டம் கடுமையானல் புயற்காற்று என்கிரும். வெள்ளம் ஏற்படுவதற்கு முன்னும், புயற்காற்று அடிப்பதற்கு முன்னும் எச்சரிக்கையுடன் இருக்கமுடியும். புயற்காற்றைக் கட்டுப்படுத்தவே முடியாது. அடித்துத்தான் தீரும். ஆனல் வெள்ளத்தை வேண்டிய ஏற்பாடுகளைச் செய்து ஓரளவுக்குத் தடுக்கமுடியும். புயற் காற்றைவிட வெள்ளத்திஞல் சேதம் அதிகம் உண்டாகும். ஏனெனில் காற்றைவிட நீர் பன்மடங்கு கனமான பொருள்.

ஆறுகள் உற்பத்தியாகும் இடங்களில் நீரோட்டம் கன கடுமையாக இருக்கும். மேட்டிலிருந்து பள்ளத்துக்கு நீர் ஓடி வரும்போது இயக்கத்திஞல் அதிக ஆற்றலை (Kinetic Energy) மேற்கொள்ளுகிறது. இயக்கத்திஞல் ஒரு பொருளுக்கு ஏற்படும் ஆற்றலின் அளவு பொருளின் நிறையையும் (Mass), செல்லும் கதியையும் (velocity) பொறுத்து இருந்தபோதிலும், மலைகளிலிருந்து கீழே ஓடிவரும்போது, தண்ணீரின் கதி அதிகமாக இருப்பதிஞல் இவ்வாற்றலும் அதிகமாக இருக்கின்றது. இதன் பயஞகக் கற்பாறைகள் முதலியவற்றை உருட்டி வருகின்றது.

உருண்டுவரும் கற்பாறைகள் ஒன்றோடொன்று மோதி, சிறு கற்களாகவும் கூழாங்கற்களாவும் ஆகின்றன.

நீரோட்டத்தினால் அதில் கரையக்கூடிய பொருள்களெல்லாம் சுலபமாகக் கரைந்துவிடும். மற்றும் கரையோரங்களையும், தரையையும் தாக்கிக் கொண்டே வருவதினால் அவற்றையும் கரைத்து வண்டலாகத் தள்ளிக் கொண்டுவரும். நீரோட்டத்தில் பெரும்பாலும் இவ்வண்டல் மண்ணே அதிகமிருக்கும். தண்ணீர் சுத்தமாக இருக்குமிடங்களில் கரையோரங்களின் அழிவு அதிகம் ஏற்படாது. நீரோட்டத்தில் மணல், வண்டல் இவை வரும் போதுதான் கரையோரங்களில் அழிவு அதிகம் உண்டாகும். ஏனெனில் அவற்றின் இயக்க ஆற்றலும்(Kinetic Energy) சேர்ந்து நீரோட்டத்தின் ஆற்றல் அதிகரித்து விடுகின்றது. மேலும் மலைகளைத் தாண்டி சமவெளிகளில் ஓடிவரும்போது தான் கற்கள், மணல், வண்டல் இவை அதிகமாக வரும். கரையோரங்கள் பலம் குறைந்து இருக்குமிடங்களில் அவை நீரோட்டத்தின் சக்தியைத் தாங்கமாட்டாமல் அதன் திசையையே மாற்றிவிடும். இத்திசை மாறுதல் கற்பாறைகளைத் தாண்டிவரும் போதும் ஏற்படலாம்.

அமெரிக்காவில் நீரோட்டத்தின் போக்கை அவ்வப்போது கண்காணித்து அநேக விவரங்களை அறிந்து வருகின்றார்கள். முக்கியமாக அதன்

வேகம் ஆழத்திஞல் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்றும் அதில் கலந்துவரும் வண்டல் மண்ணின் அளவையும் அறிந்து வருகின்ருர்கள். இத்துடன் அது தள்ளிக்கொண்டு வரும் பொருள்களின் திண்மை, பருமன், ஆற்றின் அடிப்பாகத்தின் அமைப்பு இவற்றுக்குண்டான விவரங்களேயும் சேகரித்து வருகின்ருர்கள். இக்காரியங்களுக்கென்று கரையோரங்களில் ஆங்காங்கே சோதனைச்சாலை களை ஏற்படுத்தி இருக்கின்ருர்கள். இவற்றில் வண்டல் மண்ணின் அளவைப் பற்றிய சோதனையை மட்டும் பார்ப்போம். இதைக்கண்டு பிடிப்பதற்குச் சோதனைச் சாலையில் இரண்டு தொட்டிகளை ஆற்றின் சரிவுக்குத் தகுந்தவாறு வெவ்வேறு மட்டங்களில் கட்டிக்கொள்ளுவார்கள். ஒன்றிலிருந்து மற்ருென்றுக்குத் தண்ணீர் ஓடிவருமாறு செய்வார்கள். தண்ணீரின் ஆழமும் ஆற்றிலுள்ளது போலவே இருக்குமாறு செய்யப்படும். மற்றும் நீரோட்டத்தின் பாதையின் இருபுறங்களையும் கண்ணுடித் தகடுகளால் அமைத்துக்கொள்ளுவார்கள், கண்ணுடித் தகடுகளின் மூலம் ஒளிக்கற்றை ஒன்றைப் புகச்செய்வார்கள். புகுந்து வெளிவரும் ஒளியின் பிரகாசம் புகுவதற்கு முன்னிருந்ததை விடக் குறைவாக இருக்கும் என்று அறியலாம். நீரோட்டத்திலுள்ள வண்டல் மண்ணிஞல் உண்டாகும் ஒளி மாறுதலை மட்டும் அளந்து கொள்ளுவார்கள். இதைக்கொண்டு வண்டல் மண்ணின் அளவை நிர்ணயித்து விடுவார்கள். ஒளி மாறுதலை

அளக்கும் கருவிக்கு ஒளிமின்கடம்(Photo Electric cell) என்று பெயர். பேசும் படங்கள் காண்பிப்பதற்கு உபயோகப்படும் கருவியும் இதுதான். இதன் அமைப்பு மின்சார விளக்கைப் போலிருக்கும். இதன்மீது விழும் ஒளிக்குத் தகுந்தவாறு இக்கருவியில் மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதை அளந்து ஒளியின் பிரகாசத்தில் ஏற்படும் மாறுதலைக் கணக்கிட்டு விடுவார்கள்.

இச்சோதனைச் சாலைகளில் நீரோட்டத்தினால் கரைகளுக்கும் தரைக்கும் ஏற்படும் அழிவைத் தடுப்பதற்கு வேண்டிய வழிகளைப் பரிசீலனை செய்து வருகின்றார்கள். இதனால் பெற்ற முடிவுகளைக் கொண்டு பல ஆறுகளைச் சீர்திருத்தி இருக்கின்றார்கள். அமெரிக்காவில் Tennesse valley என்று பெயர்போன இடம் உண்டு. அங்குள்ள சோதனைச் சாலையில் அமெரிக்காவிலுள்ள பெரிய ஆறுகள் எல்லாவற்றின் அமைப்பைக் காட்டும் 'மாடல்கள்' இருக்கின்றன. ஆறுகளில் வெள்ளம் ஏற்படாதவாறு தடுப்பதற்கு உண்டான சோதனைகள் செய்து அவற்றைப் பயன்படுத்தி வருகின்றார்கள். மழை பெய்யும் காலங்களையும், இடங்களையும் அதன் அளவையும் முன்னதாகவே நிர்ணயித்து, வெள்ளம் எந்த ஆறுகளில் ஏற்படக்கூடும் என்பதை அறிந்து, அதைத் தடுக்க முன்னேற்பாடுகள் செய்து வருகின்றார்கள். இது போன்ற சோதனைகள் நம் நாட்டிலும் செய்து, இங்

குள்ள எல்லா ஆறுகளின் போக்கையும் கண் காணித்து, வெள்ளப்பாழ் ஏற்படாதவாறு செய்ய வேண்டும்.

ஆற்றின் குறுக்கே அணை கட்டியே வெள்ளத்தைத் தடுத்து வருகின்றார்கள். அமெரிக்காவிலுள்ள எல்லா ஆறுகளுக்கும் அணைகள் உண்டு. அவற்றில் காலிபோர்னியாவிலுள்ள சஷ்டா (Shasta) அணை மிகவும் பெயர் போனது. ஸாக்ரமெண்டோ (Sacramento), பிட் (Pit), மிக்ளௌட் (Micloud) என்ற மூன்று ஆறுகளின் நீரோட்டத்தையும் இவ்வணை கட்டுப்படுத்துகின்றது. இவ்வணையின் உயரம் 560 அடி, நீளம் 3100 அடி. இவ்வணையைக் கொண்டு வெள்ளத்தைத் தடுப்பதுடன், கோடைக் காலத்தில் விவசாயத்திற்கு வேண்டிய நீரையும் தேக்கி வைத்துக்கொள்ளுகிறார்கள். தண்ணீரைச் சிறிது அளவுகூடச் சேதம் செய்யாமல் முழுவதையும் உபயோகப்படுத்தி வருகின்றார்கள். இவ்வணையைப்போல, பெரிய அணை நம் நாட்டிலும் உண்டு. அதுதான் சுக்கூர் என்னுமிடத்தில் உள்ள லாயிட் அணை. நெடுங்காலமாகச் சிந்து நதியிலும் பஞ்ச நதியிலும் வெள்ளம் ஏற்பட்டு, பிரயோஜனமில்லாமல் எல்லாத் தண்ணீரும் சமுத்திரத்தில் விழுந்துகொண்டிருந்தது. தற்காலம் இந்நதிகளில் பல இடங்களில் அணைகள் கட்டி, அவ்வணைகளிலிருந்து வாய்க்கால் வெட்டிக் கொண்டுபோய், லக்ஷக் கணக்கான ஏக்கர் நிலத்தைச் சாகுபடி செய்து வருகின்றார்கள். இவ்வணைகளில் மிகப்பெரியது லாயிட்

அணை. தென்னிந்தியாவிலுள்ள மேட்டூர் அணையைப் பற்றியும் அனைவரும் கேள்விப்பட்டிருக்கலாம்.

நீரோட்டத்தைப் போலத் தேங்கி நிற்கும் தண்ணீருக்கும் ஆற்றல் அதிகம். ஒரு பொருள் பூமி மட்டத்திலிருந்து உயரத்தில் இருக்குமானால் அதற்கு நிலைப்பு ஆற்றல் (Potential energy) இருப்பதாகக் கூறப்படும். இதன் அளவு பொருளின் நிறையையும் அது இருக்கும் உயரத்தையும் பொறுத்து இருக்கும். பல அடி உயரத்துக்கு அணைக்கு அருகில் தண்ணீர் தேங்கி இருப்பதினால் அதற்கு நிலைப்பு ஆற்றல் உண்டாகிறது. இதைப் பயன் படுத்தி அணை கட்டிய இடங்களிலெல்லாம் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்து வருகின்றார்கள். மேட்டூரில் உள்ள நீர்த்தேக்கத்தைக் கொண்டு பெருத்த அளவில் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. அங்கே அணைக்கருகில் சுமார் நூறு அடி உயரத்துக்குமேல் எப்பொழுதும் தண்ணீர் நிற்கும். அணைக்கு அடியில் நான்கு குழாய்களை அமைத்திருக்கின்றார்கள். அவற்றின் வழியாகப் பீரிட்டு வரும் தண்ணீரைக் கொண்டு டைனமோக்களை ஓட்டி, மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

நீரோட்டத்தைக் கொண்டு நேராகவே மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யலாம். இதற்கு நீரோட்டம் நீர் வீழ்ச்சியாக இருக்கவேண்டும். நீர் வீழ்ச்சிகள் இருக்கும் இடங்களில் எல்லாம் மின்சாரத்தை உற்

பத்தி செய்துவருகிருர்கள். தென்னிந்தியாவில் பைகாராவிலும், சிவசமுத்திரத்திலும் இம்முறையில்தான் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. சிவசமுத்திரம் என்னுமிடத்தில் காவேரி ஆறு நீர் வீழ்ச்சியாக விழுகிறது. இங்கே சுமார் நானூறு அடி உயரத்திலிருந்து தண்ணீர் கீழே விழுகிறது. அவ்வாறு விழும் தண்ணீரைக் கொண்டு பல் சக்கர உருளைகளைச் சுழற்றுமாறு செய்கிருர்கள். அவற்றுடன் டைனமோக்களை இணைத்து மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. ஸர் எம். விசுவேசுவரய்யா, நம் நாட்டிலுள்ள நீர் சக்தியைக் கொண்டு சுமார் ஒன்றரைக் கோடி கிலோவாட் அளவுக்கு மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்ய இடமிருக்கிறது என்றும் அதில் மூன்று சதமே தற்சமயம் பயன்பட்டு வருகின்றது என்றும் கூறுகிருர். அமெரிக்காவைப் போல் நாட்டிலுள்ள நீர் சக்தி முழுவதையும் பயன்படுத்தி, மின்சார சக்தியை உற்பத்தி செய்து, எல்லா விதத் தொழிற்சாலைகளையும் ஏற்படுத்த வேண்டியது நமது கடமையாகும். அப்பொழுதுதான் நாட்டின் வறுமைப் பிணி தொலையும்.

16. மின்னேட்டம்

தண்ணீர் ஓடுவதுபோல மின்சாரமும் ஓடுகிறது. ஆனால் அதன் ஓட்டம் கன கடுமையாக இருக்கும். மின்சாரம் ஓடுகிறது என்பதைவிடப் பாய்கிறது என்று சொல்வதுதான் பொருத்தமாக இருக்கும். நீரோட்டத்தின் தன்மைகளைக் கொண்டு மின்னேட்டத்தின் தன்மைகளை அறியலாம். நீர் ஓடுவதற்கு மட்ட வேற்றுமை வேண்டியிருப்பதுபோல மின்சாரம் ஓடுவதற்கும் மட்ட வேற்றுமை வேண்டும். அதாவது மின்சாரமும் மின்நிலை உயர்ந்த இடங்களிலிருந்து மின்நிலை தாழ்ந்த இடங்களுக்குத்தான் பாயும். நீர்மட்ட வேற்றுமையை அடிக்கணக்கில் அளக்கின்றோம். மின்மட்ட வேற்றுமையை 'ஓல்ட்' (Volt')-களில் அளப்பார்கள். நாம் வீடுகளில் உபயோகிக்கும் மின்சார விளக்குகளில் 220 V என்று போடப்பட்டிருப்பதை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இவ்விளக்குகளை 220 'ஓல்ட்' மட்ட வேற்றுமையில் தான் உபயோகிக்கவேண்டும் என்பதைக் குறிப்பதற்காகவே இந்த எண் போடப்பட்டிருக்கிறது.

ஒரு குழாயின் மூலமாக ஓடும் நீருக்கும் ஒரு கம்பியின் மூலமாகப் பாயும் மின்சாரத்திற்கும் தான் அதிக ஒற்றுமைகள் உண்டு. குழாயின் வழியாக ஓடிவரும் தண்ணீரின் அளவு தண்ணீர் ஓடி வருவதற்குக் காரணமாயுள்ள மட்ட வேற்றுமை, அது

ஓடும் நேரம், பாயும் நேரம், குழாயின் குறுக்களவு இவை எல்லாவற்றையும் பொறுத்திருக்கும். இதைப் போலவே ஒரு கம்பியின் மூலமாகப் பாயும் மின்சாரத்தின் அளவு அதன் மட்ட வேற்றுமை (Potential difference) அதன் அருவியின் பலம் (Current Strength) அது பாயும் நேரம், அது செல்லும் கம்பியின் நீளம், குறுக்களவு, கம்பியின் தன்மை முதலியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும்.

ஒரு குழாயின் வழியாகச் செல்லும் தண்ணீரை அளவிடுவதற்கு அதன் மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இவ்வளவு 'காலன்' (Gallon) தண்ணீர் ஓடி வருகிறது என்று கணக்கிடுவார்கள். இதைப் போலவே ஒரு கம்பியின் வழியாக எவ்வளவு 'கூலோம்' (Coulomb) மின்சாரம் ஓடி வருகிறது என்று பார்ப்பார்கள். மின்சார அருவியின் பலத்தை 'ஆம்பியர்' (Ampere) களில் அளப்பார்கள். ஒரு செகண்டு நேரத்தில் ஒரு ஆம்பியர் பலம் கொண்ட அருவி பாய்ந்தால் ஒரு கூலோம் மின்சாரம் பாய்ந்ததாகக் கூறப்படும்.

குழாயின் குறுக்களவு பெரிதாக இருக்குமானால் அதன் வழியாக ஓடிவரும் தண்ணீரின் அளவும் அதிகமாக இருக்கும். இதைப்போலவே ஒரு கம்பி தடிமனாக இருந்தால் அதன் மூலம் அதிகமாக மின்சாரம் ஓடிவரும். கம்பி மெல்லியதாக இருந்தால் அதன் மூலம் குறைந்த அளவுக்குத்தான் மின்சாரம் ஓடிவரும். ஒரு சதுர அங்குலத்தில் நூற்றில் ஒரு

பங்கு குறுக்களவு கொண்ட கம்பியில் ஓடிவரும் மின்சாரத்தைவிட நூறு மடங்கு அதிக மின்சாரம் ஒரு சதுர அங்குலம் குறுக்களவு உள்ள அதே கம்பியில் ஓடும்.

தண்ணீரின் அளவு அது ஓடிவரும் குழாய் செய்யப்பட்ட பொருளின்மீது சார்ந்திருக்காது. ஆனால் மின்சாரத்தின் அளவு அது பாய்ந்து செல்லும் கம்பி ஆக்கப்பட்ட பொருளின்மீது சார்ந்திருக்கும். எல்லா உலோகக் கம்பிகளைவிட வெள்ளி உலோகக் கம்பியில் மின்சாரம் வெகு சுலபமாக ஓடும். மின்சாரத்தைக் கடத்திச்செல்லும் இயல்பு உலோகத்துக்கு உலோகம் வேறு படுகிறது. இவ் வேற்றுமையை மின்தகைவு (Electrical resistance) என்று கூறுவார்கள். எனவே ஒரே நீளமும் தடிப்பும் கொண்ட பலவித உலோகக் கம்பிகளில் மின்தகைவு வேறுபடும் என்று அறியலாம். இத் தகைவுவேற்றை "ஓம்" (Ohm)களில் அளப்பார்கள். ஒரு கம்பியின் முனைகளினிடையே ஒரு 'ஒல்ட்' மட்ட வேற்றுமை இருக்கும்போது அதில் ஒரு 'ஆம்பியர்' பலம் கொண்ட அருவி ஓடினால் அக்கம்பியின் தகைவு ஒரு 'ஓம்' என்று கொள்ளப்படும். மற்றப் பொருள்களைக் காட்டிலும் உலோகங்களுக்குத் தான் மின்சாரத்தை கடத்திச் செல்லும் இயல்பு அதிகமுண்டு. காடிகள் (Acids), காரங்கள் (Alkalis) மூலம் மின்சாரம் ஓடும். ஆனால் சுத்தத் தண்ணீரில் மின்னோட்டம் மிக மிகக் குறைவு. கண்ணாடி, கந்தகம், அரக்கு முதலிய பொருள்களின்

மூலம் மின்சாரம் ஓடாது. காற்றில் மின்சாரம் ஓடுவதும் கடினம்தான். காற்றில் மின்சாரம் பாய வேண்டுமானால் மின்சாரத்திற்கு மிக உயர்ந்த மட்ட வேற்றுமை இருக்கவேண்டும். மின்னல்கள் ஏற்படும்போது சாதாரணமாக மட்ட வேற்றுமை இருபது கோடி ஓல்ட்கள் இருக்கும்.

நீரோட்டத்திற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் மற்றொரு ஒற்றுமை உண்டு. நீர் ஓர் ஜடப்பொருள். லேசான பொருளைத் திடீரென்று இயங்கச் செய்வது போலத் தண்ணீரைத் திடீரென்று வேகமாக ஓடச் செய்வது இயலாத காரியம். இதைபோலவே ஓடிக் கொண்டிருக்கும் தண்ணீரைத் திடீரென்று நிறுத்தவும் முடியாது. நீரின் இத் தன்மையைத்தான் ஜடத்துவம் (Inertia) என்று சொல்லுவது. மின்சாரத்திற்கும் இத்தன்மை இருக்கிறது. ஒரு கம்பியில் மின்சார ஓட்டத்தைத் திடீரென்று ஏற்படுத்திவிட முடியாது. அதைப் போலவே மின்னோட்டத்தைத் திடீரென்று மறையச் செய்யவும் முடியாது. மின்சாரத்தின் இத்தன்மையை (Electrical Inertia) என்று கூறுவார்கள். இதிலிருந்து ஒரு கம்பியில் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு நீண்ட நேரம் ஆகும் என்று நினைக்கவேண்டாம். இந்நேரம் மிக மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். இத் தயக்கத்தை (Self Induction) என்றும் கூறுவார்கள்.

இனி மின்னோட்டத்திற்கென்று பிரத்தியேகமாயுள்ள சில இயல்புகளைப் பார்ப்போம். நீரோட்

டத்தின் சக்தி முழுவதும் அது செல்லும் குழாயி னுள்ளேயே பதுங்கிக் கிடக்கும். ஆனால் மின்னோட் டத்தின் சக்தி அது செல்லும் கம்பியைத் தாண்டி அதைச் சுற்றிலும்கூடப் பரிணமிக்கும். ஒரு கம்பி யில் மின்சாரம் ஓடும்போது அதன் அருகில் காந்த சக்தி தோன்றுவதைக் கண்டார்கள். கம்பியில் செல்லும் மின்சார சக்தியின் பலம் அதிகரிக்கும் போது இக் காந்த சக்தியின் பலமும் அதிகரிப்பதும் தெரிய வந்தது. எங்கு மின்சாரம் ஓடினாலும் கூடவே காந்த சக்தியும் தொடர்ந்து சென்று தோன் றுவது தெரியவந்தது. எனவே இவ்விரண்டையும் இணைபிரியாத நண்பர்கள் என்று கூறலாம். ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின் மீது அதன் ஒரு முனையிலி ருந்து ஆரம்பித்து மற்றொரு முனைவரை உறையிட்ட செம்புக் கம்பியைப் பன்முறை சுற்றிக்கொண்டு, அக் கம்பியின் மூலம் ஒரு மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தி னால் அக்கம்பிச்சுருள் ஒரு காந்தமாக ஆவதைக் கவ னிக்கலாம். குழாயினுள் இரும்புக் கம்பியை வைத் தால் அது காந்தமாகி விடும். மின்சார ஓட்டத்தை நிறுத்திய உடன் இக்கம்பியின் காந்த சக்தியும் மறைந்து விடுகிறது. இம் முறையைப் பயன் படுத் தியே சக்தி வாய்ந்த பெரிய மின்காந்தங்கள் (Electro magnets) செய்யப்படுகின்றன.

மின்னோட்டத்தைக் கொண்டு காந்த சக்தியைப் பெறுவதுபோலக் காந்த சக்தியை வைத்துக்கொண்டு மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். காந்த சக்தி தோன் றுமிடத்திற்கு காந்தப்புலம் என்று பெயர். காந்

தப்புலத்தில் ஒரு கம்பி இயங்கினால் அதில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதைக் கண்டார்கள். இத் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டே தற்காலம் பெருத்த அளவில் மின்சாரம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு மின்சாரத்தை உண்டாக்கும் கருவிக்கு டைனமோ (Dynamo) என்று பெயர். இக்கருவிகளில் பெரிய மின்காந்தங்கள் இருக்கும். இவற்றின் காந்தப்புலத்தில் பல கம்பிச்சுருள்கள் கொண்ட அடை (Armature) என்னும் அமைப்பு சுழலும். அடை சுழலும் போது அதில் மின்னோட்டம் ஏற்படும். மின்னோட்டத்தின் பலம் அடை சுழலும் வேகத்தையும் அது சுழலுமிடத்திலுள்ள காந்தப் புலத்தின் வலிமையையும் பொறுத்திருக்கும். இக் கருவிகளில் சாதரணமாக ஆயிரக்கணக்கான ஓல்ட்கள் கொண்ட மட்ட வேற்றுமையில் மின்னோட்டம் பெறப்படும்.

மின்னோட்டத்தின் மற்ற விளைவுகள் வெப்பம், ஒளி, இரசாயனம் முதலியவை ஆகும். ஒரு கம்பியின் வழியாக மின்சாரம் ஓடும்போது அக்கம்பி சூடேறி, பழுத்துவிடும். இதைப் பயன் படுத்தியே தற்காலம் அநேக மின்சார அடுப்புகள் விற்கப்படுகின்றன. இவ்வடுப்புகளுக்கு உயர்ந்த தடைவு (Resistance) கொண்ட கம்பிகள்தான் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். இக்கம்பிகளைப் பல்வேறு வடிவங்களைக் கொண்ட இரும்பு அல்லது உருக்குக் களிமண் (Fire clay) சட்டங்களில் மீது சுற்றிவைப்பார்கள். இதனால் சட்டங்கள் சூடேறிப் பழுத்து

அடுப்புக்குரிய தொழிலைச் செய்கின்றன. சூடு அதிகமானால் வெப்பம் ஒளியாக மாறிவிடும். ஒரு கம்பியின் சூடு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகரிக்கின்றதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அது கொடுக்கும் ஒளியும் அதிகமாகும். நாம் வீடுகளில் உபயோகிக்கும் மின் சார விளக்கின் குமிழினுள்ளே காற்றே இல்லாத படி செய்யப்பட்டிருக்கும். அதனுள் ஒரு மெல்லிய உலோகக் கம்பி பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும் டாண்டலம் (Tantalum), ஆஸ்மியம் (Osmium), டங்ஸ்டன் (Tungsten) முதலிய உலோகங்களின் இழைகளே உபயோகப்படும். இக்கம்பி இழைகளில் மின்சாரம் ஓடும்போது அவற்றின் சூடு உயர்ந்து ஒளி வெளிப்படுகிறது.

இப்பொழுது மின்னோட்டத்தின் இரசாயன வினைவைப்பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். வளாவிய காடியின் வழியாகவோ அல்லது காரத்தின் வழியாகவோ மின்சாரம் பாயும்போது அதில் கரைந்துள்ள பொருள் பிரிந்துவிடும். கரைந்த பொருளின் ஒரு பாகம் மின்சாரம் நுழையுமிடத்திலும், மற்றப் பாகம் மின்சாரம் வெளிவரும் இடத்திலும் வெளிப்படும். மின்சாரம் நுழையுமிடத்தை மிகைத் துருவம் (Anode) என்றும், வெளிவரும் இடத்தைக் குறைத் துருவம் (Cathode) என்றும் கூறுவார்கள். இந் நிகழ்ச்சி மின்சாரப்பூச்சிடுதலிலும் (Electro plating) மின்சார அச்செடுத்தலிலும் (Electro Typing) பயன்படுகிறது. பூச்சிட வேண்டிய சாமான்கள் நன்றாகத் தேய்க்கப்பட்டுப் பூசவேண்டிய உலோகத்

தின் ஏதாவது ஒரு உப்புகரை நீரில் (salt solution) முழுக்கி வைக்கப்படும். இந்தச் சாமானைக் குறைத் துருவமாகவும், பூசவேண்டிய உலோகத்தின் தகடொன்றை மிகைத் துருவமாகவும் கொண்டு ஒரு மின்னருவி செலுத்தப்படும். சிறிது பொழுதில் சாமானின் மேற்புற முழுவதும் பூச்சிடப்பட்டு விடும்.

கடைசியாக மின்னோட்டம் என்பது யாது என்று சிறிது ஆராய்வோம். தண்ணீரைக் கண்ணால் பார்க்கிறோம். அது ஓடுவது நமக்குப் புலனாகிறது. இதைப்போல மின்சாரத்தையும் மின்னோட்டத்தையும் நாம் பார்க்க முடிகிறதில்லை. எனவே நெடுநாள் வரை மின்னோட்டத்தின் தன்மை மர்மமாகவே இருந்து வந்தது. இந் நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில் தான் இம் மர்மம் நீங்கி மின்னோட்டம் யாது என்று அறியப்பட்டது. குறைந்த இறுக்கம் (Pressure) உள்ள காற்றின்மூலம் மின்னோட்டம் உண்டாகும் போது குறைத் துருவத்திலிருந்து மிகைத் துருவத்திற்கு ஒரு கிரணக்கற்றை பாய்வதைக் கண்டார் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் என்னும் விஞ்ஞானி. இக் கிரணக் கற்றையை ஆராய்ந்து பார்த்ததில் கற்றை முழுவதும் எண்ணற்ற சிறு துகள்களின் பாதையாக இருப்பதைக் கண்டார். இத் துகள்கள் எல்லாம் மின்சாரம் ஏற்றிருப்பதையும் கண்டார். எல்லாத் துகள்களும் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதை உணர்ந்து இவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயரிட்டார். ஒரு துகளின் நிறையையும் அது

ஏற்றுக்கொண்டிருக்கும் மின்சாரத்தின் அளவையும் நிர்ணயித்தார். பொருள்களில் லேசானது நீரகம் (Hydrogen) என்னும் வாயுப் பொருள்தான். இதன் அணுவின் நிறையில் இரண்டாயிரத்தில் ஒரு பங்கே மின்னுருவின் நிறை இருப்பதைக் கண்டார். இம்மின்னுருக்கள் பொருள்களின் அணுக்களில் அனேகம் இருப்பது தெரியவந்தது. இத்தகைய மின்னுருக்களின் ஓட்டமே மின்னோட்டமாகத் தோன்றுவதும் தெரியவந்தது.

மனித வர்க்கத்தில் ஆண், பெண் என்று இரு வகை இருப்பதுபோல மின்சாரத்திலும் இருவகை உண்டு. மின்னுரு மேற்கொண்டிருக்கும் மின்சாரம் ஒருவகை. இதைக் குறை மின்சாரம் என்று கூறுவார்கள். இதற்கு மாறாக மிகை மின்சாரம் என்று மற்றொரு வகையுண்டு. ஒருவகை மின்சாரம் மற்றொருவகை மின்சாரத்தைக் கவரும். ஒரேவகை மின்சாரத்தை ஏற்றுள்ள பொருள்களோ, துகள் களோ ஒன்றையொன்று விலக்கித் தள்ளும். எனவே இதை அனுசரித்து மின்னுருக்களெல்லாம் ஒன்றை யொன்று விலக்கித் தள்ளிக் கொள்ளுகின்றன. இவ் விலக்கித் தள்ளும் சக்திதான் மின்மட்ட வேற்று மைக்குக் (Potential difference) காரணமாய் இருக்கிறது என்று தெரியவந்தது. ஓடும் மின்னுருக் களின் எண்ணிக்கை அதிகமானால் மின்னோட்டத்தின் அளவும் அதிகரிக்கின்றது என்றும் தெரியவந்தது. எனவே பொருள்களின் அணுக்களிலிருந்து மின்னு ருக்களை வெளிப்படுத்தினால் மின்னோட்டத்தைப்

பெறலாம் என்று அறியப்பட்டது. இதைத்தான் 'பாட்டரி' (Battery) களிலும், டைனமோக்களிலும் செய்கின்றூர்கள். (Torch) விளக்குகளிலுள்ள பாட்டரிகளில் இரசாயன சேர்க்கையினுல் உலோகங்களிலிருந்து இம்மின்னுருக்கள் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றன. டைனமோக்களில் காந்த சக்தியினுல் கம்பிகளிலிருந்து இம் மின்னுருக்கள் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றன. எனவே மின்சாரமும் பொருள் தன்மை வாய்ந்ததுதான் என்று அறியப்பட்டது.

---

17. ஸ்டீமர்கள்

பூமியில் மூன்றில் இரண்டு பங்கு கடல். தரை மீதுசெல்லுவதுபோலக் கடல்மீதும் செல்லவேண்டும் என்று நம் முன்னோர்கள் நினைத்தார்கள். மரக் கட்டைகள் நீரில் மிதப்பதை உணர்ந்து அவற்றில் பலவற்றைச் சேர்த்துக்கட்டி மிதக்கவிட்டு அதில் ஏறிக்கொண்டு துடுப்புகளால் தள்ளி, கடற்கரையிலிருந்து சிறிது தூரம் சென்று வந்தார்கள். பின்னர் காற்றைப் பயன் படுத்திச் செல்லக்கூடிய பாய்மரக் கப்பல்களை நிர்மாணித்தார்கள். இவற்றில் பண்டங்களை ஏற்றிச் சென்று மற்ற நாடுகளில் வியாபாரம் செய்யலானுர்கள்.

நம் தேசத்தில் கடல் மார்க்கமாக முதன் முத லில் சென்றவர்கள் தமிழர்கள்தான். அக்காலத்தில் தான் சிலப்பதிகாரத்தில் கூறப்பட்டிருக்கும் புகார் என்னும் ஊர் பிரசித்திபெற்ற துறைமுகமாக இருந்தது. மேல் நாட்டார்கள்தான் நெடு நாட்களாக விடாமல் கப்பல்கள் மூலம் சென்று வருபவர்கள். விஞ்ஞானம் விரிவடையப் பாய்மரக் கப்பல்கள் ஸ்டீ மர்களாக மாறின. காற்றின் விசையைக்கொண்டு கப்பல் ஓட்டுவதில் உண்டான தொல்லைகள் தொலைந் தன. நீராவியைக் கொண்டு கப்பல் ஓட்டும் வழியைக் கண்டு பிடித்தார்கள். இதன் பயனாக மரக்கலங்கள் போய் இரும்புக் கப்பல்கள் ஏற்பட்டன. ஸ்டீமர் களுக்குப் பெயர் போனது இங்கிலாந்து தேசம்.

கடவுள் நமக்கு அபரிமிதமான உணவுப் பொருள்களைக் கொடுத்தது போல ஆங்கிலேயர்க ளுக்கு இரும்பையும் நிலக்கரியையும் கொடுத்தார். இரும்பையும், கரியையும் பயன்படுத்திக் கப்பல் இயற் றும் தொழிலை அபிவிருத்தி செய்து, எண்ணற்ற வகை ஸ்டீமர்கள், ஸப்மரைன்கள், சண்டைக் கப்பல் கள் இவற்றைச் செய்து சமீபகாலம் வரை உலகில் பெரிய வல்லரசாக இருந்தார்கள். இக்கப்பல்களின் பௌதிக தத்துவத்தை இக்கட்டுரையில் சிறிது ஆராய்வோம்.

மரம் நீரில் மிதப்பதைப்பற்றி ஒருவருக்கும் ஆச்சரியம் ஏற்படாது. இரும்பு தண்ணீரைக் காட்டிலும் கனமாயிற்றே இது எவ்வாறு தண்ணீ

ரில் மிதக்கிறது என்று சிலருக்கு ஐயம் ஏற்படலாம். இதை முதலில் ஆராய்வோம். பொருளுக்குப் பொருள் எடை வித்தியாசப்படுவதைப் பார்க்கிறோம்.

எடை என்பது பொருளின் மீது தொழிற்படும் பூமிக்கவர்ச்சி சக்தியாகும். இக்கவர்ச்சி ஒரு பொருளின்மீது அதிகமாக இருப்பின் அதன் எடை அதிகமாகவும், குறைவாக இருப்பின் எடை குறைவாகவும் இருக்கும். ஒவ்வொரு பொருளிலும் இக்கவர்ச்சி சக்தி தொழிற்படும் இடத்தை அதன் கவர்ச்சி மையம் (Centre of gravity) என்று கூறுவார்கள். அதாவது பொருளின் எடை முழுவதும் இம் மையப் புள்ளியில்தான் அழுந்துகிறது. ஒரு சிறு குச்சியை ஆள்காட்டி விரலில் வைத்து, அது கீழே விழாமல் சமநிலையில் இருக்குமாறு செய்து விடலாம். அப்பொழுது விரலின் மீது அழுத்திக்கொண்டிருக்கும் குச்சியின் பகுதியில்தான் அதன் கவர்ச்சிமையம் இருக்கிறது. அதனால்தான் அதன் எடையை விரலினால் தாங்கி, அதைச் சமச் சீராக நிற்குமாறு செய்துவிட முடிகிறது. இப்பொழுது மற்றொரு கருத்தைப் பார்ப்போம்.

ஒரு பொருளை நீரில் போட்டால் நீர் அதை எதிர்க்கிறது. நீரின் ஒருபகுதி விலகி, பொருளுக்கு இடமளிக்கிறது. தள்ளப்படும் நீர்ப் பகுதியின் எடை பொருளின் எடையைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கும் போதுதான் பொருள் மிதக்கும். மரக்கட்டை நீரில் மிதப்பதற்கு இதுதான் காரணம். மரக்கட்

டையினல் விலக்கப்படும் நீரின் எடை கட்டையின் எடையைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பதினல் கட்டையை அழுந்த விடாமல் மேலே மிதக்குமாறு நீர் செய்துவிடுகிறது. இப்போது மரக்கட்டைக்குப் பதிலாக ஒரு கல்லைப் போடுவோம். கல் விழுந்த இடத்தில் விலக்கப்பட்ட நீரின் எடை கல்லின் எடையை விடக் குறைவாக இருப்பதினல் கல் நீரினுள் அமுங்கி விடுகிறது.

ஓர் இரும்புத் துண்டை நீரில் போட்டால் அதுவும் கல்லைப்போலவே அமுங்கிவிடும். ஸ்டீமர் இரும்பினல் செய்யப்பட்டபோதிலும் வாய் அகன்ற அக வடிவு கொண்டிருப்பதைப் பார்க்கலாம். இவ்வமைப் பின்விளைவாகவே அது விலக்கித்தள்ளும் நீரின் எடை ஸ்டீமரின் எடையைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. எனவே இரும்பினல் செய்த போதிலும் ஸ்டீமர் மிதக்கிறது. ஸ்டீமர் சற்றுச் சாய்ந்தால் சீக்கிரத்தில் அதன் முன்னிலைமைக்கு வருமாறு செய்யப்படவேண்டும். தஞ்சாவூர், பண்ணுருட்டி முதலிய இடங்களில் செய்யப்படும் செட்டியார் பொம்மையை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். அதை எப்படிச் சாய்த்து விட்டாலும் அது கீழே வீழாமல் முன்னிலைமைக்குச் சீக்கிரம் வந்துவிடும்.

இதைப்போலவே ஸ்டீமரும் சிறிது சாய்ந்தவுடன் அதன் முன்னிலைமைக்கு வரவேண்டும். கப்பலின் எடை தொழிற்படும் இடமாகிய கவர்ச்சி மையத்தை Meta centre என்ற மற்ருெரு இடத்தின்

கீழ் எப்பொழுதும் இருக்குமாறு செய்து கப்பலின் நிலையான சம நிலைமையை (Stable equilibrium) பெறுவார்கள். ஸப்மரைன் என்னும் கப்பலில் வேண்டுமென்ற போது அது நீரினுள் முழுகுவதற்கு வசதி செய்யப்பட்டிருக்கும். இதை முழுகச்செய்வ தற்கு இதன் அடியில் உள்ள பல அறைகள் நீரி னால் நிரப்பப்படும். இதனால் கப்பலின் எடை அதிக மாகிவிட அது நீரினுள் முழுகி விடுகிறது. இது மேலே வரவேண்டுமானால் முற்கூறிய அறைகளி னுள்ளே இறுக்கிய காற்று (Compressed air) செலுத்தப்படும். இதனால் தண்ணீரெல்லாம் வெளி யேறிவிடுவதால் கப்பல் லேசாகி, தண்ணீரின் மேலே மிதக்கிறது.

ஸ்டீமர்கள் ஏற்பட்ட புதிதில் துடுப்புகளினா லேயே அவற்றை இயக்கி வந்தார்கள். வண்டிச் சக் கரத்தின் குடத்தில் பொருத்திவைத்திருக்கும் ஆரங் கள் போல, பல துடுப்புகளைக் கொண்ட சக்கரங்கள் ஸ்டீமர்களின் பக்கங்களில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இச்சக்கரங்களுக்கு (Paddle wheels) என்று பெயர். ஸ்டீமரில் உள்ள நீராவி என்ஜினைக்கொண்டு இச் சக்கரங்கள் சுற்றப்படும். துடுப்புகள் நீரினுள் அமுங்கும் போதெல்லாம் நீருக்கு உண்டாகும் அழுத்தத்தினால் (Thrust) கப்பல் முன்னேறிச் செல் லும். இச்சக்கரங்கள் பெரியனவாயிருப்பதாலும் அவை மெதுவாகச் சுற்றுவதாலும் இவற்றைக் கொண்ட கப்பல் செல்லும் வேகம் குறைந்துவிடு கிறது.

எனவே இம்மாதிரி கப்பல்கள் ஆறுகள், ஏரிகள் இவற்றில் போவதற்கு மட்டுமே உபயோகப் படுகின்றன. துடுப்புகள் கொண்ட சக்கரங்களுக்குப் பதிலாக முடுக்கு விசிறிகள் (Propellers) கொண்ட ஸ்டீமர்களே கடல் மார்க்கமாகச் செல்லுவதற்குப் பயன்பட்டு வருகின்றன. முடுக்கு விசிறிகளின் அமைப்பையும் வேலைத் தத்துவத்தையும் இப்பொழுது ஆராய்வோம்.

கிணற்றிலிருந்து தண்ணீர் இறைப்பது போன்ற காரியங்களுக்குச் சில இடங்களில் உபயோகிக்கும் காற்றுடி யந்திரத்தை (Windmill) அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். உயரமான ஒரு கம்பத்தின் நுனியில் பல கைகள் கொண்ட ஒரு காற்றுடி பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இக் கைகள் எல்லாம் உலோகத் தகடுகளால் செய்யப்படும். ஒவ்வொன்றின் தளமும் அடி முதல் நுனிவரை சீராக இராமல் சற்று மேனோக்கி இருக்குமாறு அமைந்திருக்கும்.

மேலும் இம்மேனோக்கும் சரிவு கையின் அடியிலிருந்து நுனிக்குச் செல்லச் செல்லக் குறைந்து கொண்டே செல்லும். காற்று அடிக்கும் திசையை நோக்கி இக்காற்றுடி எப்பொழுதும் திரும்பி நிற்கும். காற்று கைகளை மோதும் போதெல்லாம் அவை மேனோக்கித் தள்ளப்படும். இதனால் காற்றுடி சுற்றும். இச்சுழற்சியைப் பயன்படுத்திக் கிணற்றிலிருந்து தண்ணீர் இறைக்கப்படும். ஸ்டீமர்கள், ஸப்மரைன்கள், ஆகாய விமானங்கள் இவற்றின் முன்

புறத்தில் இதுபோன்ற காற்றாடி வைக்கப்பட்டிருக்கும். செயல் முறையில் இதற்கும் காற்றாடி யந்திரத்திலுள்ள காற்றாடிக்கும் ஓர் வித்தியாசம் உண்டு. காற்றாடி யந்திரத்தில் உள்ள காற்றாடி அதை நோக்கி வீசும் காற்றின் அழுத்தத்தினுல் சுற்றுகிறது. ஸ்டீமரில் உள்ள காற்றாடி என்ஜினுல் சுற்றப்படும். இச்சுழற்சியின் விளைவாக அது முன்னேக்கி இழுக்கப்படும். இதனுல் ஸ்டீமர் முன்னேறிச் செல்லும். இதைப்போலவே ஆகாய விமானத்திலுள்ள காற்றாடியும் வேலைசெய்கிறது.

ஸ்டீமர்களில் இம்முடுக்கு விசிறிகளைச் சுற்ற, பெரிய நீராவி என்ஜின்கள் உபயோகப்படுகின்றன. இருப்புப்பாதைகளிலும் தரையிலும் செல்லும் வண்டிகள் போகும் வேகத்துடன் ஸ்டீமர்கள் செல்ல வேண்டுமானுல் முடுக்கு விசிறிகளைச் சுற்றும் என்ஜின்களின் ஆற்றல் மிகவும் அதிகமாக இருக்க வேண்டும். சாதாரணமாகப் பெரிய ஸ்டீமர்களில் உள்ள என்ஜினின் ஆற்றல் லக்ஷம் குதிரை விசை (Horse power) இருக்கும். வழவழப்பான தண்ணீரில் போவது சுலபமாயிற்றே. ஏன் இவ்வளவு அதிகம் ஆற்றல் உள்ள என்ஜின்கள் வேண்டுமென்று நினைக்கலாம்.

கப்பல் எதிர்த்துச் செல்லவேண்டிய சக்திகள் பலதரப்படும். முதலில் தண்ணீரின் மேற் பரப்பில் ஸ்டீமர் செல்லும்போது உண்டாகும் உராய்வுச் சிக்கலை (Skin friction) எதிர்த்து என்ஜின் வேலை

செய்யவேண்டும். ஸ்டீமர் செல்லும்போது அதன் பின்னால் நீர்ச்சுழிகள் ஏற்பட்டுக் கலந்துகொண்டேயிருக்கும். இச்சுழிகளினால் உண்டாகும் எதிர்ப்பை மீறியும், என்ஜின் வேலை செய்ய வேண்டும். இவ் வெதிர்ப்புக்கு (Eddy resistance) என்று பெயர்.

மற்றும் ஸ்டீமரின் முன்புறம் தண்ணீரைக் கிழித்துக்கொண்டு செல்லும்போது நீருக்கு அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு இரண்டு பக்கங்களிலும் அலைத் தொடர்கள் உண்டாகும். இவ்வலைத் தொடர்களை உற்பத்தி செய்வதில் என்ஜினின் ஆற்றல் பெரும்பகுதி செலவழிந்துவிடும். காற்று அடிக்கும்போது அதனாலும் ஸ்டீமருக்கு எதிர்ப்பு ஏற்படும். இவ்வாறாகப் பல எதிர்ப்புகளை மீறியே ஸ்டீமர் முன்னேறிச்செல்லவேண்டி யிருப்பதால் அதில் உள்ள என்ஜினின் ஆற்றல் அதிக குதிரை விசை கொண்டிருக்க வேண்டியிருக்கிறது.

எதிர்க்கவேண்டிய சக்திகளை எவ்வாறு குறைக்கலாம் என்று பல சோதனைகள் செய்து பார்த்தார்கள். அலைகள் உற்பத்தியைக் குறைப்பதற்கு ஸ்டீமரின் முன்புறம் கூராக இருக்கவேண்டியதின் அவசியத்தை உணர்ந்தார்கள். நீர்ச் சுழிகள் ஏற்படாமல் தடுப்பதற்கு ஸ்டீமரின் அகவடிவைப் பக்ஷிகளின் அகவடிவைப்போல் அமைக்க வேண்டியதன் அவசியத்தை உணர்ந்தார்கள். மற்றும் ஸ்டீமரின் வேகம் அதிகரிக்க எதிர்ப்புச் சக்திகளின் அளவு எவ்வாறு அதிகரிக்கின்றன என்று சோதனைகள் நடத்தினார்கள்.

இவற்றை எல்லாம் பயன்படுத்தி ஸ்டீமர்களின் அமைப்பில் அனேக சீர்திருத்தங்கள் செய்திருக்கின்றார்கள். தற்காலம் நீராவி என்ஜின்களுக்குப் பதிலாக எண்ணெய் என்ஜின்களை உபயோகிக்கும் கப்பல்கள் பிரபலமாகி வருகின்றன. இக் கப்பல்களில் அனேக சௌகரியங்கள் உண்டு. நீராவி என்ஜினைக் காட்டிலும் எண்ணெய் என்ஜின் மிகவும் லேசானது. மற்றும் இதனால் கப்பலில் இடவசதியும் அதிகமாகின்றது, சமீபத்தில் எண்ணெய் என்ஜினைக்கொண்டு மின்சாரத்தை உற்பத்திசெய்து அதைக் கொண்டும் கப்பல்களை ஓட்டி வருகின்றார்கள்.

18. நிலக்கரி

சுமார் முப்பதுகோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் பூமியில் புதைத்துவைத்த பொருள் நிலக்கரி. இதை யார் புதைத்துவைத்தார்கள்? இது எப்படி உண்டாயிற்று என்பதைப்பற்றிய இரகசியம் நெடுநாள் வரை மர்மமாகவே இருந்துவந்தது. சமீபத்தில் தான் இதை விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தார்கள். சூரிய சக்தியைத் தன்னுள் அடக்கிவைத்திருக்கும் இந்த நிலக்கரிக்கு மூல காரணம் மரங்களும், மற்றத் தாவரங்களும்தான். உலகில் பல இடங்களில் இருந்த பெரிய காடுகள் அழிந்து மரங்கள்விழ,

காலப்போக்கில் அவை மண்ணால் மூடப்பட்டிருக்க வேண்டும். பூமிப் பரப்பின் மேடுபள்ளங்கள் மாறும்போது இவை எல்லாம் பூமிக்குள் ஆழப் புதைந்திருக்க வேண்டும். மேலும் மேலும் தாவரங்கள் நசிக்கும்போது அவற்றுக்கும் இத்தகைய கதி தான் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். இவ்வாறு கோடிக் கணக்கான வருடங்களாகப் பூமியின் உஷ்ணத்துக்கும், இறுக்கத்துக்கும் (Pressure) உள்ளாகி வந்ததன் பயனாக இத்தாவரங்கள் எல்லாம் பல மாறுதல்கள் அடைந்து நிலக்கரியாக மாறி இருக்கின்றன என்று நிலக்கரி ஏற்பட்டதற்கு விஞ்ஞானிகள் காரணம் கூறுகின்றார்கள். சில கரிச் சுரங்கங்களில் இலை, பழம் முதலியவற்றின் உருவங்களையொத்த கரித்துண்டுகள் காணப்படுவதே இதற்குப் போதிய சான்றாகும். மற்றும் நிலக்கரியைச் சோதிக்கும்போது தாவரவர்க்கத்துக்குரிய குழல், நரம்பு முதலியவை எல்லாம் நன்கு புலனாகின்றன. புட்டிக்குள் மருந்தை ஜாக்கிரதையாக வைத்திருப்பதுபோலப் பூமிதேவி சூரியனது சக்தியை இதில் அடைத்து வைத்திருக்கிறாள். நிலக்கரிப் புதையல் முதலில் ஆங்கிலேயருக்குத்தான் கிடைத்தது. இப்புதையலை வைத்துக்கொண்டு இவ்வளவு காலம் உலகத்தில் ஒரு பெரிய வல்லரசாக ஆட்சி செலுத்தி வந்தார்கள்.

நிலக்கரியைப் பூமியிலிருந்து வெட்டி எடுப்பது இலேசான காரியமல்ல. பூமியினடியில் எந்த இடத்தில் நிலக்கரி இருக்கும் என்று சந்தேகிக்கிறார்களோ

அங்கு முதலில் துளைத்துச் சோதித்துப் பார்ப்பார்கள். பிறகு கிணறுகள் இறக்குவதுபோலப் பூமியைத் தோண்டிக்கொண்டே போய், பக்கத்திலுள்ள மண் சரியாமல் இருப்பதற்குத் தேக்கமரம் அல்லது இரும்புத்தகடு இவற்றைக்கொண்டு சுவர்கள் அமைப்பார்கள். தோண்டவேண்டிய இடம் பாறை நிலமாக இருக்குமானால் வெடிமருந்தை உபயோகப் படுத்திப் பாறையை உடைப்பார்கள். சதுப்பு நிலமாக இருந்தால் தண்ணீர் பீரிட்டுக்கொண்டு வரும். இதை அகற்ற அவ்விடங்களில் தோண்டும்போது சிறிது ஆழம் சென்றவுடன் சிமிட்டியைச் (Ferro concrete) செலுத்தி, பக்கங்களைக் கெட்டிப்படுத்திக் கொண்டுதான் மேலும் தோண்டுவார்கள். சுமார் ஒருமைல் ஆழம்வரை தோண்டிய சுரங்கங்களும் உண்டு. தோண்டியபின் அடியிலிருந்து நாலா பக்கங்களிலும் செல்லுவதற்கு வழியை வைப்பார்கள். சுமார் ஒரு சதுரமைல் விஸ்தீரணம் வரை சென்று கரியை வெட்டி எடுப்பதுண்டு. கரியைக் கையினால்தான் வெட்டி எடுக்கவேண்டும்; எதவு பார்த்துக் கூடியமட்டும் பெரிய கட்டிகளாக வெட்டி எடுப்பார்கள். சுரங்கத் தொழில்தான் எல்லாத் தொழில்களையும்விட மிகவும் அபாயகரமானது. தொழிலாளிகளின் உடல் நலம் சீக்கிரம் கெட்டு விடும். இச்சுரங்கங்களில் சுவாசிப்பதற்கு நல்ல காற்றுக் கிடையாது. வெளியிலிருந்துதான் நல்ல காற்றைச் சுரங்கத்தினுள் செலுத்துவார்கள். உள்ளிருக்கும் கெட்ட காற்று வெளியேறிச் செல்லு

வதற்கும் வழி செய்யப்பட்டிருக்கும். சுரங்கத்துக்கு அடியில் வெளிச்சமும் கிடையாது. விளக்கை வைத்துக்கொண்டுதான் வேலே செய்யவேண்டும். இதனுல் தீவிபத்துச் சுலபமாக ஏற்பட்டு அனேகர் மாண்டுவந்தார்கள். இச்சுரங்கங்களில் (Methane) என்ற வாயு எப்பொழுதும் இருந்து கொண்டிருக்கும். இது சீக்கிரத்தில் நெருப்புப் பிடித்து பெரிய வெடியை உண்டாக்கும் தன்மையை உடையது. இதனுல் பலர் மாண்டார்கள். இவ்விபத்தை நீக்கியவர் "டேவி' என்ற விஞ்ஞானி. இவர் நூதனமாக விளக்கை அமைத்து இவ்விபத்து ஏற்படாதவாறு செய்தார். இவர் அமைத்த விளக்கில் ஓர் உலோகக் கம்பி சல்லடைக் குழாய் வடிவத்தில் திரியைச் சுற்றி நிற்கும். இச்சல்லடைக் கம்பியின் வெப்பம் கடத்தும் திறனுல் (Heat-conductivity) வெளியிலுள்ள Methane வாயு வெடிப்பதற்கு வேண்டிய அளவு சூடேறுவதில்லே.

நிலக்கரியில் பல வகையுண்டு. அவற்றில் பீட் (Peat) என்று சொல்லப்படும் இளங்கரி, லிக்னேட் (Lignite) என்று சொல்லப்படும் பழுப்புக்கரி, பசைக்கரி (Bituminous coal) கெட்டிக்கரி (Anthracite coal) என்ற வகைகள் முக்கியமானவை. இவை அவற்றிலுள்ள கார்பன் (Carbon) பிராணவாயுக் (Oxygen) களின் விகிதங்களேப்பொறுத்து வேறுபடுகின்றன. நிலக்கரியில் எழுபது முதற்கொண்டு தொண்ணூற்றிரண்டு சதம்வரை கார்பன் இருக்கும். பிராணவாயு சுமார் நான்கு சதம்

முதற்கொண்டு பதினைந்து சதம்வரை இருக்கும். இவ்விரண்டையும் தவிர கந்தகம், வளிரம் (Nitrogen) இவையும் சிறிதளவுக்கு நிலக்கரியில் இருக்கும். சிறிது ஈரமும், சாம்பலும் கலந்திருக்கும். நிலக்கரி உண்டாகிய காலத்தைப் பொறுத்து இவற்றின் அளவு எல்லாம் கரிக்குக்கரி மாறுபடுகின்றன. ஈரம் சாம்பல் இவற்றை நீக்கிய பின்தான் நிலக்கரியின் தராதரத்தை நிர்ணயிப்பார்கள். நிலக்கரியின் மதிப்பு அது கொடுக்கக்கூடிய சூட்டின் அளவைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஒரு கிராம் நிறை தண்ணீரை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்கு வேண்டிய சூட்டை அலகாகக் (unit) கொண்டு பலவித கரிகளின் சூட்டினளவு (Calorific value) அளக்கப்படும். ஒரு கிராம் நிறையுடைய உயர்ந்த ரக நிலக்கரி சுமார் ஒன்பதினாயிரம் கலோரி (calorie) சூட்டைத் தரும்.

நிலக்கரியை நீராவி என்ஜின்களில் காற்றுப்பட அனல்மூட்டுவார்கள். இவ்வாறு நிலக் கரியை எரிப்பதில் சேதம் அதிகம்; எரியும்போது வெப்பநிலையும் (Temperature) சீராக இராது. ஏனெனில் கரி எரிய எரிய மேலும் கரியைப் போட வேண்டியிருப்பதினால் வெப்பம் உயர்ந்தும் குறைந்தும் கொண்டே இருக்கும். மற்றும் இதில் புகை உபத்திரவம் வேறு உண்டு. புகையினால் சுற்றிலுமுள்ள காற்றுக் கெட்டுவிடும். பெரிய ஆலைகள் இருக்குமிடங்களில் இப்புகையினால் சுவாசிப்பதற்கு நல்ல காற்றுக் கிடைப்பது அரிதாகிவிடும். இதனால்

மக்களின் உடல் நலம் குன்றிவிடும். இவ்வாறு உபயோகிக்காமல் நிலக்கரியைக் காற்றுப்படாமல் பெரிய பாத்திரங்களில் (Retorts) எரித்தால் ஒரு வாயு வெளிப்படும். இதற்கு நிலக்கரிவாயு (Coal gas) என்றுபெயர். இதை எரியவைத்துப் பல விதங்களில் சூட்டைப் பிரயோஜனப் படுத்தலாம். வீடுகளில் அடுப்பு மூட்டிக்கொண்டு தொல்லைப் படாமல் இவ்வாயுவை உபயோகித்தே பெரிய நகரங்களில் மேனுட்டார்கள் சமையல் வேலையைச் செய்வது வழக்கம். மின்சார சக்தியைக் கொண்டு போவதுபோல இந் நிலக்கரி வாயுவை ஓரிடத்தில் உற்பத்தி செய்து, அதைக் குழாய்களின் மூலமாக வீடுகளுக்குக் கொண்டு செல்வது வழக்கம். விளக்கேற்றுவதற்கும் இவ்வாயு உபயோகப்படும். மேனுட்டில் தெருக்களில் மின்சார விளக்குகள் ஏற்படுவதற்கு முன் இவ்வாயுவைக் கொண்டுதான் விளக்கேற்றி வந்தார்கள். நம் பள்ளிக்கூடங்களிலும் காலேஜுகளிலும் உள்ள ஆய்வுச்சாலைகளிலும் (Laboratories) இவ்வாயுவைக்கொண்டுதான் புன்ஸன் அடுப்பு (Bunsen burner) என்னும் கருவி வேலை செய்கிறது. இதில் ஒரு பங்கு நிலக்கரிவாயுவும் இரண்டு முதல் மூன்று பங்கு வரை காற்றுஞ் சேர்ந்து எரியும்.

நிலக்கரியைக் காற்றுப்படாமல் எரிக்கும்போது நிலக்கரி வாயுவுடன் நீராவியும் தார் எண்ணெயும் (Tar) வெளிவரும். இவற்றை நீக்கியபின்தான் நிலக்கரி வாயுவை உபயோகிப்பார்கள். இவற்றை நீக்கு

வதற்கு வாயுவை இரும்புக் குழாய்களின் மூலமாகச் செலுத்திக் குழாய்களைக் குளிர வைப்பார்கள். தாரும் நீராவியும் குளிர்ந்து தங்கிவிட நிலக்கரி வாயு மட்டும் வெளியேறிவிடும். எரித்த பாத்திரங்களில் தங்கி நிற்கும் சுட்ட நிலக்கரிக்கு Coke என்று பெயர். இதை எரித்தால் அது புகையாமல் நின்று எரிந்து அதிக சூட்டைக் கொடுக்கும். சுட்ட கரி மற்றொரு வழியிலும் உபயோகப்படுகிறது. இரும்பைத் தயார் செய்யும்போது இதையும் சேர்த்துக்கொள்ளுவார்கள். தற்காலம் மோட்டார் வண்டிகளில் பெட்ரோல் எண்ணெய்க்குப் பதிலாக உலைக் காற்று (Producer gas) என்ற வாயுவே உபயோகப்பட்டு வருகிறது. இதுவும் சுட்ட கரியிலிருந்து தான் பெறப்படுகிறது. சாதாரண கரியும் பயன்படும். கரியை நன்றாகச் சூடு செய்து கொண்டு அதன் மீது காற்றைச் செலுத்துவார்கள். அப்பொழுது இவ்வாயு வெளிப்படும். பெட்ரோலைக் காட்டிலும் இவ்வாயுவை மலிவாகப் பெறலாம். பதினாறு பவுண்டு கரியிலிருந்து வெளிப்படும் வாயுவைக்கொண்டு ஒரு காலன் பெட்ரோல் செய்யும் வேலையைப் பெறலாம். பதினாறு பவுண்டு கரியின் விலை ஒரு காலன் பெட்ரோலின் விலையைவிட மிகக்குறைவு. சண்டை நிமித்தமாகப் பெட்ரோல் கிடைக்காததினால் இவ்வாயு உபயோகப்பட ஆரம்பித்த போதிலும் இனி, பெட்ரோலுக்குப் பதிலாகப் பஸ் முதலிய பெரிய மோட்டார் வண்டிகளுக்கு இதுதான் லாபகரமானது என்று கூறுகிறார்கள். சூடு செய்த சுட்ட கரியின்

மீது காற்றைச் செலுத்தாமல் நீராவியைச் செலுத்தினால் அப்பொழுதும் ஒரு வாயு வெளிப்படுகிறது. இதற்கு நீர்—வாயு (Water gas) என்று பெயர். இதையும் எரியவிட்டு மிகுந்த சூட்டைப் பெறலாம்.

நிலக்கரியை நன்றாகப் பொடி செய்து அப்பொடியை உபயோகப்படுத்தும் என்ஜின்களும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றில் வாயுவை எரிய வைப்பதுபோல, பொடியையும் எரிய வைப்பதற்குத் தகுந்த அடுப்புகள் இருக்கும். காற்றின் உதவியைக்கொண்டு பெரிய குழாய்களின் மூலமாக இப்பொடி உறிஞ்சப்பட்டு இவ்வடுப்புக்குள் செலுத்தப்படும். நிலக்கரியை அப்படியே எரியவைப்பதை விட இம்முறையில் அதிக சூடு பெறப்படுகிறது. மற்றும் பொடியைச் சுலபமாகப் பல இடங்களுக்கு ஏற்றி அனுப்பலாம். எல்லாக் கரியையும் சேதமில்லாமல் உபயோகிக்கலாம். ஆனால் பெரிய ஆலைகளில் மட்டும்தான் இம்முறையில் கரி உபயோகப்பட்டு வருகின்றது.

தற்காலம் நிலக்கரியைக் காட்டிலும் அதிலிருந்து பெறப்படும் தார் எண்ணெய்க்குத்தான் கிராக்கி அதிகம். இவ்வெண்ணெயில் அநேக உயர்ந்த உபயோகமுள்ள பொருள்கள் இருக்கின்றன. இதை உணராமல் முன்னாளில் ரோடுபோடுவதற்குத் தாரை உபயோகப்படுத்தி வந்தார்கள். இப்பொழுது இதினின்று அநேகவித சாயங்களையும், வாசனைப் பொருள்களையும், ஔஷதங்களையும், வெடிமருந்து

களையும் செய்து வருகிறார்கள். தார் எண்ணெயைக் காய்ச்சி வடித்தால் பல வெப்ப நிலைகளில் பல் வேறு பொருள்கள் கிடைக்கின்றன. அவற்றில் முக்கிய மானவை பென்ஜின் (Benzene), டோலுவீன் (Toluene), பீனால் (Phenol), நாப்தலீன் (Napthalene), ஆன்திரஸின் (Anthracene) என்பவை. முதல் இரண்டும் திரவநிலையில் பெறப்படுகின்றன. கடைசி மூன்றும் திடநிலையில் பெறப்படுகின்றன. பென்ஜின் என்னும் பொருள்தான் சாயங்கள் தயாரிப்பதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படும் மூலப்பொருள். டோலுவீன் என்னும் திரவப்பொருள்தான் வெடி மருந்துக்கு மூலப்பொருள். பீனால் என்பதுதான் ஆஸ்பத்திரிகளில் உபயோகப்படும் கார்பாலிக் ஆஸிட். இவைபோல எல்லாப் பொருள்களும் பயன் படுகின்றன. எனவே நிலக்கரியின் உபயோகம் முன்னிலும் அதிகமாகிவிட்டது.

---

19. என்ஜினும் மோட்டாரும்

பிரயாணத்திற்கு மாட்டுவண்டிகள், குதிரை வண்டிகள்தான் வெகுகாலம்வரை உபயோகப்பட்டு வந்தன. நீராவி என்ஜின் கண்டுபிடித்ததற்கு முன்பே இருப்புப் பாதைகளில் வண்டிகளை இழுத்துச் செல்லலானார்கள். இருப்புப் பாதைகளில் சக்கரங்கள் உருண்டு செல்லும்போது மிகக்

குறைவான அளவுக்கு உராய்வுச் சிக்கல் (Friction) ஏற்படுவதைக் கண்டு, பெரிய பட்டணங்களில் டிராம் வண்டிகளில் குதிரைகளைப் பூட்டி ஓட்டிச் சென்றார்கள். சாதாரண தரையில் இழுத்துச் செல்லக்கூடிய பளுவைக்காட்டிலும் நாலுமடங்கு அதிக பளுவை இருப்புப் பாதைகளில் இழுத்துச் செல்லலாம். உலகத்தில் பெரிய புரட்சியை உண்டாக்கிய நீராவி என்ஜின் முதன் முதலில் ஜேம்ஸ் வாட் (James Watt) என்ற விஞ்ஞானியால் ஆக்கப் பட்டது. நாளடைவில் இதில் அனேக திருத்தங்கள் செய்யப்பட்டுப் பிரமிக்கத்தக்க வகையில் இதன் அமைப்புவிருத்தி அடைந்திருக்கிறது. இருந்தபோதி லும் இதில் சில கெடுதல்கள் உண்டு. இதில் எரிக் கப்படும் நிலக்கரியினால் உண்டாகும் வெப்பத்தில் சுமார் பத்தில் ஒரு பங்கே வண்டிகளை இழுப்பதற் குப் பயன்படுகிறது. பாக்கி வெப்பம் வீணாகி விடுகிறது. மற்றும் என்ஜின் தன்னையே இழுத்துக் கொள்ளுவதில்தான் அதிக வெப்பத்தைச் செலவழித் துக்கொள்ளுகிறது. சாதாரணமாக ஐந்நூறு டன் எடையுள்ள வண்டிகளை இழுத்துச் செல்லுவதற்கு உபயோகப்படும் என்ஜினின் எடை முந்நூறு டன் எடை இருக்கும். என்ஜினில் உள்ள கொதிகலத்தில் ஏற்படும் வெப்பச் சேதமும் அதிகம். கொதிகலத்தில் (Boiler)நீரின்மீதுள்ள இறுக்கத்துக்குத் (Pressure) தகுந்தவாறு நீர் ஆவியாவதற்குண்டான சூடு அமையும். சாதாரணமாக என்ஜினில் சுமார் மூவா யிரம் பவுண்டு இறுக்கத்தில்தான் நீராவி வெளி

வரும்படி செய்யப்பட்டிருக்கும். அப்போது நீரின் கொதிநிலைச்சூடு (Boiling Point) முந்நூற்றெழு பத்துநான்கு டிகிரி சென்டி கிரேடுக்கு உயர்ந்து விடுகிறது. எனவே வெப்பம் சேதமாவதற்கு ஹேது வாகிறது. என்ஜின் வேலைசெய்ய ஆரம்பிக்கும் போது கொதிகலத்தினுள் இருத்தி அடைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் நீராவி சிறிது சிறிதாகவே வெளிவந்து பீச்சான்களை இயக்கும். இவ்வாறு வெளி வரும்போதும் வெப்பம் சேதமாகிறது. மற்றும் வெளிவரும் நீராவி முழுதும் உபயோகப் படுவதில்லை. சிறிது அளவே உபயோகப்படுகிறது. எனவே நீராவி என்ஜின்கள் வண்டிகளை இழுப் பதற்கு அவ்வளவு சிலாக்கியமானவைகளல்ல.

நீராவியைக்கொண்டு என்ஜினை ஓட்டுவதைவிட மின்சாரத்தைக் கொண்டு என்ஜினை ஓட்டுவதில் அனேக சௌகரியங்கள் இருப்பதை அறிந்தார்கள். முதல் சௌகரியம், என்ஜினின் பளுவைப் பல மடங்கு குறைத்துவிடலாம். மின்சாரத்தை உபயோ கிக்கும் என்ஜின் வண்டிகளை முன்னும் பின்னும் மிக எளிதாக ஓட்டிச் செல்லும். நீராவி என்ஜின் ஸ்டேஷனுக்கு ஸ்டேஷன் நிற்கும்போதெல்லாம் நீர் கொதித்து ஆவியாகிக்கொண்டே இருப்பதினால் வெப்பம் செலவழிந்துகொண்டே இருக்கும். மின் சாரத்தை உபயோகித்தால் இச் செலவு கிடையாது. வண்டி ஓடும்போதுதான் மின்சாரம் செலவழியும். மற்றுமோர் சௌகரியம், மின்சாரத்தை உபயோகித் தால் புகையோ நாற்றமோ இராது. மின்சார

என்ஜின் வண்டிகளை வெகு சீக்கிரத்தில் முடுக்கி (accelerate) அதி வேகத்துடன் செல்லும்படி செய்ய லாம். நீராவி என்ஜினுக்கு இத்தகைய சௌகரியம் கிடையாது. மலைமீது செல்லும்போது நீராவி என் ஜின் திணறும். வேகமாகச் செல்லமுடியாது. மின் சார என்ஜின் வேகம் குறையாமல் செல்லும். மலைச் சரிவுகளில் வண்டிகளை இழுத்துச் செல்லுவதில் மின் சாரத்துக்கு ஓர் பெருத்த சௌகரியம் உண்டு. அதா வது மலையிலிருந்து வண்டி பூமிக் கவர்ச்சியினால் வேக மாகக் கீழேஓடி வரும்போது அவ்வியக்கத்தை வீணாக் காமல் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்வதற்குப் பயன் படுத்தலாம். சாமான் வண்டித்தொடர்களை அலக்ஷிய மாய் இழுத்துச் செல்லுவதற்கு மின்சாரந்தான் ஏற் றது. ஆனால் மின்சார என்ஜினுக்குச் செலவு அதிகம். அதை உற்பத்தி செய்வதைவிட அதை ஆங்காங்கே கொண்டுபோவதற்குத்தான் செலவு அதிகமாகும். மின்சாரத்தைச் சுலபமாக உற்பத்தி செய்யக்கூடிய வசதிகள் உள்ள நாடுகளில்தான் இச் செலவைக் குறைத்து எங்கும் இருப்புப் பாதைகளில் மின்சார வண்டிகளை ஓட்ட முடியும். நீர் வீழ்ச்சிகள், நீர்த் தேக்கங்கள் அதிகமாயுள்ள நம் நாட்டில் மலிவாக மின்சாரத்தை உற்பத்திசெய்து நீராவி என்ஜினுக் குப் பதிலாக மின்சார என்ஜினை எங்கும் உபயோ கிக்க வழி இருக்கின்றது. செலவு அதிகமாவதினால் ஜன நெருக்கம், போக்குவரத்து அதிகமுள்ள பெரிய நகரங்களில்தான் தற்காலம் மின்சார வண்டிகள் ஓடி வருகின்றன. சென்னையில் முதலில் டிராம்

வண்டிகள்தான் ஏற்பட்டன. இது ஏற்பட்டது 1895-ஆம் வருஷம். சமீபத்தில்தான் மின்சார வண்டித் தொடர் ஏற்பட்டது. டிராம் செல்லும் பாதையைத் தெரு இருப்புப்பாதை என்று சொல்வது வழக்கம். மின்சாரத்தை எண்ணெய் என்ஜினைக் கொண்டு வண்டியிலே உற்பத்தி செய்துகொள்ளுவதும் உண்டு. இம்மாதிரி வண்டிகள் பரோடா சமஸ்தானத்தில் ஓடிவருகின்றன. இவற்றில் ஒரு பெருத்த சௌகரியமும் உண்டு. மின்சாரத்தைக் கொண்டு செல்வதற்கென்று கம்பிகளும், மரங்களும் பாதையினருகில் தேவையில்லை.

ரஸ்தாக்களில் போகும் மோட்டார் வண்டிகள் ஏற்பட்டது சமீபத்தில்தான். இதற்குக் காரணமானவர் "டன்லப்" (Dunlop) என்னும் விஞ்ஞானி. இவர்தான் "டைர்கள்" (Tyres) இயற்றியவர். ஒரு வட்டமான மரத்தட்டைச் சுற்றிக் காற்றடைத்த பை ஒன்றைவைத்து விளிம்பைக் கான்வாஸினுல் தைத்துத் தட்டை உருட்டிவிட்டார். சாதாரண மரச் சக்கரத்தைவிட வேகமாக அதிக தூரம் செல்லுவதைப் பார்த்து, ஏன் இவ்விதச் சக்கரங்களை வண்டிகளில் அமைக்கக்கூடாது என்று நினைத்தார். இச் சக்கரங்களில் உள்ள மற்றுமோர் சௌகரியத்தையும் உணர்ந்தார். மேடு பள்ளங்களில் செல்லும்போது ஏற்படும் அதிர்ச்சியை இவை வெகு சீக்கிரத்தில் உறிஞ்சிவிடுகின்றன. இதற்குக் காரணம் அதில் அடைக்கப்பட்டிருக்கும் காற்று. காற்று அதிர்ச்சியைத் தன்னுள் பரவச்செய்து ஆட்டமில்லாமல்

செய்து விடுகிறது. முதலில் இப் புதுமாதிரி சக்கரங்கள் சைகிள் வண்டிகளில்தான் உபயோகப்பட்டு வந்தன. பின்னர் மோட்டார் வண்டிகளுக்கும் உபயோகப்பட்டன.

மோட்டார்வண்டி பிரபலமானதற்கு மற்ருெரு காரணம் பெட்ரோல் எண்ணெய் என்ஜின். இதில் (Internal Combustion) என்ஜின் என்றும் (Jet Propeller) என்ஜின் என்றும் இரண்டு வகைகள் உண்டு. இவற்றில் ஒரு குழல் (Cylinder) இருக்கும். இதனுள் ஒரு பீச்சான் (Piston) முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பீச்சான் பின்னேக்கிச் செல்லும்போது பெட்ரோல் எண்ணெயின் வாயுவும், காற்றும் கலந்த கலவை குழலினுள் உறிஞ்சப்படும். பீச்சான் முன்னேறிச் செல்லும்போது இக் கலவையை நெருக்கும். இதனுல் கலவையின் இறுக்கம் அதிகமாகிக் கொண்டுவரும். ஒரு நிலையில் கலவையில் மின்பொறி (Electric spark) பாயுமாறு செய்யப்படும். அப்பொழுது கலவை அனல் மூண்டெரியும். இவ்வெப்பத்தினுல் இறுக்கம் முன்பு இருந்ததைவிடப் பன்மடங்கு உயர்ந்துவிடுகிறது. இதனுல் பீச்சான் வேகமாகப் பின் நோக்கி உதைத்துத் தள்ளப்படுகிறது. இவ் வுதைப்புக்களைச் சீராக ஏற்படுமாறு செய்து வண்டியை இழுக்குமாறு செய்திருக்கிருர்கள். (Jet Propeller) என்னும் வகையில் கலவை ஒரு சிறு துவாரத்தின் வழியாகப் பீரிட்டுவரும். இதனுல் தான் இதற்கு இப்பெயர் ஏற்பட்டது. இதில் சில

11

சௌகரியங்கள் உண்டு. முதல் வகை என்ஜினை ஓரளவுக்குமேல் வேகமாக ஓட்டமுடியாது. ஆனால் இரண்டாவது வகை என்ஜினின் வேகத்தை அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லலாம். ஆனால் இதில் ஏற்படும் வேக அதிகரிப்பு முதல் வகையைவிடச் சற்றுத் தாமதமாகத்தான் ஏற்படும். சமீபத்தில் சண்டையின் நிமித்தமாகப் பெட்ரோல் எண்ணெய் கிடைப்பது அரிதாகிவிட்டது. எனவே மோட்டார் வண்டிகளை ஓட்டுவதற்குக் கரிவாயு என்ஜினை உபயோகித்து வருகிறார்கள். இதில் சௌகரியங்களும் உண்டு; அசௌகரியங்களும் உண்டு. கரியை எரியவிட்டு வாயுவைத் தயாரிப்பதற்கு வண்டியில் இடம் அதிகம் வேண்டியிருக்கிறது. பெட்ரோல் என்ஜினுக்கு இந்தத் தொந்தரவு கிடையாது. ஆனால் கரிவாயு என்ஜினுக்குச் செலவு குறைவு. எண்ணெய் கரிவாயு இவற்றுக்குப் பதிலாக மோட்டார்களிலும் ஏன் மின்சாரத்தை உபயோகிக்கக் கூடாது என்று நினைக்கலாம். இதையும் செய்து பார்த்திருக்கிறார்கள். பெரிய நகரங்களில் ரஸ்தாக்களின் நடுவே டிராம் பாதையைப் போடவேண்டியிருக்கிறது. இதனால் போக்குவரத்துக்குத் தடை ஏற்படுகிறது. காலதாமதமும் உண்டாகிறது. இவற்றைப்போக்கச் சில இடங்களில் டிராம் வண்டிகளை மின்சார மோட்டார் வண்டிகளாக மாற்றினார்கள். அதாவது குறிப்பிட்ட பாதையிலல்லாமல், ரஸ்தாவின் எப்பாகத்திலும் செல்லக்கூடியவை இவ்வண்டிகள். மின்சாரத்தை மேலே உள்ள கம்பிகளிலிருந்து கொண்டு

வரும் இணைப்பைத் தக்கவாறு நீண்டு சுருங்குமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்தத் தொல்லை இல்லாமல் அமெரிக்காவில் பெட்ரோல் எண்ணெயைக் கொண்டே வண்டியில் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்து ஓடும் மோட்டார் பஸ்களை ஏற்படுத்தி இருக்கிறார்கள். தற்காலம் மின்சார சைகிள் வண்டிகளும் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. இவை ஹாலண்டு தேசத்தில்தான் இப்பொழுது உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. இதில் "பாட்டரி" (Battery) ஒன்று இருக்கும். அதிலிருந்து மின்சாரம் பெறப்படும். இதை உபயோகித்து ஓடும் மின்சார என்ஜின் வண்டியை இயக்குகிறது. பாட்டரியின் மின்சாரம் குறைந்தவுடன் அவ்வப்பொழுது அதில் மறுபடியும் மின்சாரத்தை நிரப்பிக்கொள்ளுவார்கள்.

அதிவேகமாக செல்லக்கூடிய என்ஜின் அமைப்பும், மோட்டாரின் அமைப்பும் எத்தகையதாக இருந்தால் காற்றின் எதிர்ப்பு (Air resistance) குறைவாக இருக்கும் என்று ஆராய்ந்திருக்கிறார்கள். காற்று லேசான பொருள்தான். ஆனால் அதன் எதிர்ப்புப் பொருள்செல்லும் வேகத்தைப்பொறுத்து அதிகரிக்கும். பத்து வண்டிகள் கோத்துச் செல்லும் ஒரு நீராவி என்ஜின் மணிக்கு அறுபது மைல் வேகத்துடன் போகும்போது, என்ஜின் சக்தியில் நாலில் ஒருபாகம் காற்று எதிர்ப்பினால் செலவழிந்து விடுகிறது என்று கண்டார்கள். இதில் பெரும் பகுதி என்ஜினாலும் கடைசி வண்டியினாலும் ஏற்படுகிறதாம். இதைப்போலவே மோட்டார் வண்டி

யின் சக்தியும் காற்றின் எதிர்ப்பினால் குறைந்து விடுகிறது. காற்றின் எதிர்ப்பு ஏற்படும் விதத்தை அறிந்தால்தான் இதை எவ்வாறு குறைக்கின்றார்கள் என்பதை உணர முடியும். ஓடும் நீரில் ஓர் குச்சியை வைத்தால் அதன் பின்புறத்தில் சுழிகள் (Eddies) ஏற்பட்டுக் கலவதையும், இதனால் குச்சிக்கு ஓர் எதிர்ப்பு உண்டாவதையும் பார்க்கலாம். இதைப்போலவே காற்றிலும் சுழிகள் ஏற்பட்டு அதன் மூலம் செல்லும் பொருள்களுக்கு எதிர்ப்பு உண்டாகிறது என்று கூறுகிறார்கள். இவ்வெதிர்ப்பைக் குறைக்கவேண்டுமானால் சுழிகள் ஏற்படாதபடி பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். காற்றில் முன்னேறிச் செல்லும் பொருளின் முனைகளையும் அகவடிவையும் தக்கவாறு அமைத்துச் சுழிகள் ஏற்படாதவாறு செய்யலாம் என்று அறியலாம். இச்சோதனைகளுக்குப் பக்ஷிச் சிறகுகளின் அமைப்பு, மீன்களின் அமைப்பு இவை பெரிதும் பயன்பட்டன. வேகமாகச் செல்லும் நீராவி என்ஜின், மோட்டார், ஏரோப்ளேன் முதலியவற்றின் அகவடிவு தக்கவாறு மாற்றப்பட்டது. இப்புதிய அமைப்புக்குத்தான் (Streamline shape) என்று பெயர். வேகமாகச் செல்லும் மோட்டாருக்கு மற்றொரு கெடுதல் உண்டு. தரையில் சக்கரங்களை அழுத்திச் செல்லப் போதுமான சக்தி ஏற்படாமல் வண்டி கவிழ்ந்து போவதுண்டு. இதைத்தடுப்பதற்கு ஆகாய விமானங்களுக்கு உள்ளதுபோல மோட்டாருக்கும் சிறகுகள் வைப்பதுண்டு, ஆனால் இச்சிறகுகளின் வாட்டம்

விமானங்களில் உள்ளதுபோல் மேனேக்கி இராமல் சற்றுக் கீழ் நோக்கியே இருக்கும். இதனுல் காற்று சிறகுகளைத் தாக்கும்போது உண்டாகும் சக்தி மோட்டாரைத் தரையில் அழுத்துகிறது. இவ்வாருக விஞ்ஞான வளர்ச்சியினுல் பிரயாண வசதிகளில் பெரிய மாறுதல்கள் ஏற்பட்டுவருகின்றன.

---

20. ஒளியும் மின்சாரமும்

விஞ்ஞானிகள் கண்ட உலகத்தில் பொருளும் சக்தியும்தான் உண்டு. பொருள்களின் வகை எண்ணற்றவை; ஆனுல் சக்தியின் வகை அதிகமில்லை. சக்தியை வெப்பம், ஒளி, ஒலி, காந்தம், மின்சாரம் என்று வகைப்படுத்தினுர்கள். இவை எல்லாம் ஒன்றிலிருந்து மற்ருென்றுக்கு மாறும் தன்மை வாய்ந்தவை. வெப்பத்துக்கும் ஒளிக்கும் உண்டாண தொடர்பும், காந்தத்துக்கும் மின்சாரத்துக்கும் உண்டான தொடர்பும் அதிக சிரமமில்லாமல் அறியப்பட்டது. இதைப்போல மின்சாரத்தை வெப்பமாகவும் ஒளியாகவும் மாற்ற முடிவதைச் சுலபமாக அறிந்தார்கள். ஆனுல் ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றுவதற்குச் சற்றே சிரமப்பட்டார்கள் இது நிறைவேறிய பிறகுதான் பேசும் படங்கள், ரேடியோ படங்கள் முதலிய விநோதங்கள் ஏற்பட்டன. இக் கட்டுரையில் ஒளியை மின்சாரமாக

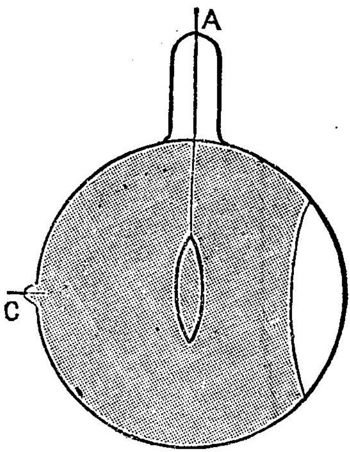
மாற்றுவதற்குண்டான சாதனத்தைப்பற்றியும் அது பயன்படும் விதத்தையும் கவனிப்போம்.

ஸெலீனியம் (Selenium) என்று ஓர் உலோகம் உண்டு. எல்லா உலோகங்களிலும் மின்சாரம் பாயும். மின்சாரத்தைக் கடத்திச் செல்லும் இயல்பு உலோகத்துக்கு உலோகம் மாறுபடும். இவ்வேற்றுமையை மின் தகைவு (Electrical Resistance) என்று குறிப்பிடுவார்கள். மின் தகைவு அதிகமுள்ள உலோகத்தில் மின்சாரம் பாய்வது கடினம். மின் தகைவு குறைவாயுள்ள உலோகத்தில் மின்சாரம் சுலபமாகப் பாயும். உதாரணமாகச் செப்புக் கம்பியின் மின் தகைவு மிகக் குறைவு; எனவே இதன் மூலம் மின்சாரம் வெகு சுலபமாகப் பாயும். ஸெலீனியத்தின் மின் தகைவு அதிகம். வானொலி அலைகளை ஏற்கும் கருவிகளில் மின் தகைவு அதிகமுள்ள உலோகம் வேண்டியிருந்தது. எனவே ஸெலீனியத்தை இணைத்துக்கொண்டு சோதனைகள் நடத்திவந்தார் 'வில்லபி ஸ்மித்' (Willoughby Smith) என்னும் விஞ்ஞானி. அப்போது ஒரு நிகழ்ச்சியைக் கண்டார். சூரிய வெளிச்சம் இவ்வுலோகத்தின்மீது விழும்போதெல்லாம் இதன் மின் தகைவு குறைவதைக் கண்டார். மற்றும் விழும் வெளிச்சத்தின் அளவைப் பொறுத்து இதன் மின்தகைவு குறைவதையும் கண்டார். ஏன் ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றுவதற்கு இதைப் பயன்படுத்தக் கூடாது என்று ஆராயத் தொடங்கினார்கள். ஆராய்ந்து பார்க்கும்போது இவ்வேலைக்கு அவ்வளவு திறமை இதற்கு இல்லாமல்

இருப்பது தெரிய வந்தது. எனவே இதை விட்டு விட்டு வேறொரு சாதனத்தைக் கண்டுபிடிக்க முனைந் தார்கள்.

ரேடியோ ஸெட்டில் உபயோகிக்கும் 'வால்வ்' (Valve) என்ற சாதனத்தை அனைவரும் கவனித் திருக்கலாம். இதன் வெளித் தோற்றம் மின்சார விளக்குக் குமிழைப்போலிருக்கும். இதனுள்ளிருக் கும் காற்றெல்லாம் வெளியேற்றப்பட்டு வெற்றிட மாகச் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதனுள் ஒரு கம்பி உண்டு. அதன் மூலம் மின்சாரம் பாயும்போது அது சூடேறி, அதிலிருந்து கண்ணுக்குத் தெரியாத மிகச் சிறிய துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயர். இத் துகள்களெல்லாம் குறை மின்சாரத்தைக் கொண்டி ருக்கின்றன. இவை வால்வின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்குப் பாயும்போது இது இணைக்கப் பட்ட மின்சாரத் தொடரில் (Electrical Circuit) ஒரு மின்சார ஓட்டம் உண்டாகிறது. பொடாஸியம் (Potassium), ஸோடியம் (Sodium), ருபிடியம் (Rubidium) போன்ற உலோகங்களின்மீது ஒளி விழும்போது ரேடியோ வால்வில் வெளிப்படுவதைப் போல இவ்வுலோகங்களிலிருந்தும் மின்னுருக்கள் வெளிவருவதைக் கண்டார்கள். இவ்வுலோகங் களின்மீது விழும் ஒளியின் தன்மை, அளவு இவற் றுக்குத் தகுந்தவாறு மின்னுருக்களின் அளவு மாறு வதையும் கண்டார்கள். இந்நிகழ்ச்சியைப் பயன் படுத்திய சாதனம்தான் ஒளி மின் கடம் (Photo

electric cell) என்னும் கருவி. இக் கருவிதான் ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றுவதற்கு உபயோகப் படுவது. இதுவும் அமைப்பில் மின்சார விளக்கின் குமிழைப் போலவே இருக்கும். இதில் இரண்டு வகை உண்டு. ஒரு வகையில் குமிழ் வெற்றிடமாக்கப்பட்டிருக்கும். மற்றொரு வகையில் 'ஆர்கான்' (Argon) என்னும் ஜடவாயு குறைந்த இறுக்கத்தில் குமிழினுள் அடைக்கப்பட்டிருக்கும். இக் குமிழின் நடுவில் ஒரு மெல்லிய உலோகக் கம்பி தலையிலே ஒரு வளை



படம் 1.

யத்தோடு இருப்பதைக் காணலாம் (படம் 1). குமிழின் முன் புறத்திலுள்ள சிறிது பாகம் நீங்கலாக உட்புறம் முழுவதும் பொட்டாஸியம் உப்பினுல்

லேசாகப் பூசப்பட்டிருக்கும். இப் படலத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு மற்றொரு சிறிய கம்பி குமிழில் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதுவும் முன் கூறிய கம்பியும் இக்கடத்தின் இரண்டு துருவங்களாகக் கொள்ளப்படும். குமிழில் பொடாஸியம் பூசப்படாமல் இருக்கும் பாகத்தின் வழியாக ஒளி, படலத்தின் மீது விழும்போது மின்னுருக்கள் வெளிப்பட்டு மற்றொரு துருவத்தை நோக்கி ஓடுகின்றன. அப்பொழுது இரண்டு துருவங்களுக்கும் இடையே ஓர் அருவி உண்டாகிறது. இவ்வருவியின் பலம் கடத்தினுள் நுழையும் ஒளியின் அளவுக்குத் தகுந்தவாறு அமைகின்றது. குமிழில் ஆர்கான் வாயு அடைபட்டிருந்தால் வெளிப்படும் மின்னுருக்கள் இவ்வாயு அணுக்களை மோதும்போது அணுக்கள் சிதைந்து அவற்றிலிருந்தும் மின்னுருக்கள் வெளிப்படுகின்றன. எனவே மின்னுருக்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகி விடுகின்றன. இதனால் துருவங்களினிடையே உண்டாகும் அருவியின் பலமும் அதிகமாகிவிடுகிறது. ஆகையினால் வெற்றிட மின்கடத்தைவிட ஆர்கான் வாயு அடைபட்ட கடமே ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றும் வேலைக்குச் சிலாக்கியமானது என்று கூருமலே விளங்கும். இனி இக் கருவியின் உபயோகங்களைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம்.

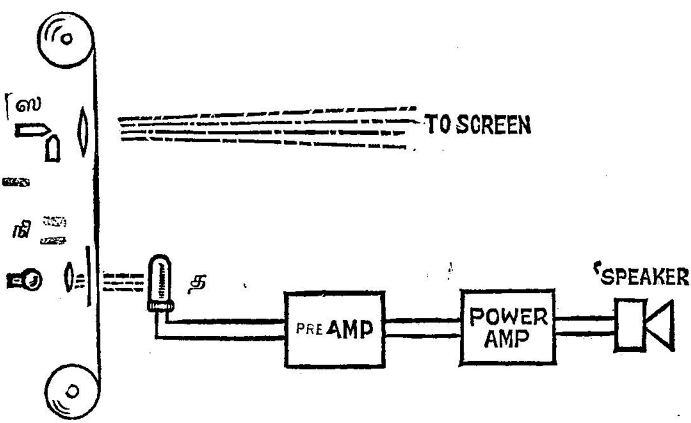
வெகுநாள் வரை சினிமாவில் மௌனப் படங்களே காண்பிக்கப்பட்டு வந்தன. இதற்கு ஸெலுலாயிடு (celluloid) படலத்தில் காட்சிகளைச் செகண்டுக்குப் பதினறு படங்கள் வீதம் தக்க காமி

ராக்களைக் கொண்டு படம் பிடிப்பார்கள். பின்னர் இப் படலச் சுருளை ஒரு பிரகாசமான விளக்கின்முன் செகண்டுக்குப் பதினாறு படங்கள் வீதம் நழுவிவரச் செய்து அவ்விளக்கின் உதவியால் தூரத்திலுள்ள திரையில் படங்கள் விரிந்து காணுமாறு ஏற்பாடு செய்வார்கள். திரையில் ஒரு படம் நழுவி மற்றொரு படம் வரும்போதெல்லாம் வெளிச்சம் மறைக்கப் படும். இதனால் காட்சிகள் தொடர்ந்து நமக்குப் புலனாகி இன்பத்தை அளிக்கும். இதைப்போல அரக்கு வட்டிலில் பேச்சையும் சங்கீதத்தையும் பதிவுசெய்யத் தெரிந்துகொண்டார்கள். இவ் வட்டிலைத்தான் நாம இசைத்தட்டு என்று கூறுவது. இசைத் தட்டையும் மௌனப் படத்தையும் சேர்த்துப் பேசும் படத்தைச் சிறிதுகாலம் காண்பித்து வந்தார்கள். இவ்விரண்டையும் சேர்ப்பதில் அநேக தொல்லைகள் இருப்பதை அறிந்தார்கள். படமும் இசைத் தட்டும் ஒரே வேகத்துடன் ஆரம்பம் முதல் முடிவுவரை ஓடினால் அன்றிப் பேசும் படம் திருப்தி அளிப்பதில்லை. இரண்டும் லயப்படாவிட்டால் படத்தில் வாய்மூடி இருக்கும் காட்சியும் இசைத் தட்டில் அதே சமயத்தில் பாட்டுக் கேட்பதும் போன்ற அதிசயங்கள் அடிக்கடி நேரிடுவதைக் கண்டார்கள். அப்படி இரண்டும் ஒரே வேகத்துடன் ஓடிக்கொண்டிருந்தாலும் ஏதோ காரணம் பற்றிப் படலம் அறுந்துபோய்விடின் உண்டாகும் கஷ்டம் சொல்லாமலே விளங்கும். இத்தொல்லைகள் காரணமாக இம் முறையைக் கைவிட்டு, படலத்தி

லேயே காட்சியுடன் ஒலியையும் பதிவுசெய்யும் வழியைக் கண்டுபிடித்தார்கள். அதாவது ஒலியை ஒளியாக மாற்றிப் படத்தில் பதிவுசெய்தார்கள். இது மட்டும் போதாது. படம் காண்பிக்கும்போது ஒளியை மறுபடியும் ஒலியாக மாற்றினல் அன்றி இம்முறை பயனளிக்காது. இதை வெற்றியடையச் செய்தது ஒளி மின்கடம். எனவே இச்சாதனம்தான் பேசும் படங்கள் வெளியிடுவதற்கு முக்கிய காரண மாயிருந்தது.

இப்பொழுது இச்சாதனம் எவ்வாறு பேசும் படங்களில் பயன்படுகிறது என்பதைக் கூறுவோம். படலச் சுருளின் ஓரத்தில்தான் ஒலிப் பதிவு செய்யப் படும். காட்சிப் படங்கள் பிடிக்கும்போதே மைக் ரோ போனில் ஒலியும் ஏற்றுக் கொள்ளப்படும். மைக்கில் விழும் ஒலிக்குத் தகுந்தவாறு அதில் மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுகிறது. இம்மின்சாரத் தைப் பல மடங்கு பெருக்கி அதைக்கொண்டு ஒரு விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றையை அதற்குத் தகுந்தவாறு மாறும்படி செய்தே சுருளின் ஓரத் தில் ஒலியை ஒளியாகப் பதிவுசெய்கின்றார்கள். படங்களைக் காட்டும்போது படமும் ஒலியும் சேர்ந்து பதிவுசெய்யப்பட்ட படலச்சுருள் மேல் கண்டி லிருந்து கீழ்க்கண்டிற்கு இழுக்கப்படுகிறது. இதன் செயல் முறையை இரண்டாவது படத்தில் பார்க்க வும் (படம் 2). மேலுள்ள வீச்சு விளக்கின் ஒளி படத்தின்மீது வில்லையினல் குவிக்கப்பட்டு அதன் வடிவம் திரையின்மீது விழுகிறது. அதற்குக் கீழே

மற்றொரு விளக்கு இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதன் வெளிச்சம் சிறியதொரு சந்தின் வழியாகப் படலத்திலேயுள்ள ஒளிப்பதிவின்மீது விழுந்து, பின்னர் அதையடுத்துள்ள ஒளிமின் கடத்தின்மீது விழுகிறது. படலத்தின் மூலம் வெளிவரும் ஒளியின்



ஸ — வீச்சு விளக்கு.
நி — சாதா விளக்கு.
த — ஒளி மின்கடம்.

படம் 2.

அளவு ஒலிப்பதிவுக்குத் தகுந்தவாறு மாறுவதால் ஒளிமின் கடத்தில் மின்னுருக்கள் வெவ்வேறு அளவுக்கு உற்பத்தியாகி அதன் மூலம் பாயும் மின்சாரமும் அதற்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது. இம்மின் அருவியை "வால்வுகள்" அமைந்த இரண்டு சாத

னங்களினுல் பெருக்கிக்கொண்டு அதை ஒலிபெருக்கியின் (Loud speaker) மூலம் அனுப்புவார்கள். இதனுல் மின்சாரம் ஒலியாக மாற்றப்படுகிறது. எனவே படத்துடனேயே ஒலியையும் கேட்பது சாத்தியமாகிறது.

தற்காலம் படம் பிடிக்காமலே ஆங்காங்கே நிகழும் காட்சிகளை நேராகவே ரேடியோ மூலம் பார்ப்பதற்கு வழியைக் கண்டுபிடித்திருக்கிருர்கள். இவ்வழியைத்தான் (Television) டெலிவிஷன் என்று கூறுவது. இதுவும் சித்தித்ததற்குக் காரணம் ஒளிமின்கடம்தான். நாம் ஒரு காட்சியைக் காணும் போது அதன் பல பாகங்களிலிருந்து வரும் ஒளியின் பிரகாசம் வெவ்வேறு அளவுக்கு நம் கண்ணிலே படுவதால் நமக்குக் காட்சியின் தோற்றம் ஏற்படுகிறது. அதாவது காட்சியைப் பார்க்கச் செய்வது அதன் பல பாகங்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி மாறுதல்களே என்று அறியலாம். ஓரிடத்திலிருந்து மற்ருேர் இடத்திற்கு இவ்வொளி மாறுதல்களை ரேடியோ மூலம் அனுப்பினுல்தான் காட்சியைக் காண முடியும். இதற்கு இன்றியமையாததாக இருப்பது ஒளிமின்கடம்தான். இது ஒளி மாறுதல்களை மின்சாரமாகச் செய்கிறது. இம்மின்சாரத்தையே ரேடியோ மூலமாக அனுப்புகிருர்கள். பார்க்க வேண்டிய இடத்தில் இம்மின்சாரத்தை மீண்டும் ஒளி மாறுதல்களாக மாற்றிக் காட்சியைப் பார்க்குமாறு செய்கின்ருர்கள். இதுதான் டெலிவிஷனின் தத்துவம். மற்றுமோர் உபயோகத்தைப்

பார்ப்போம். நாம் தூங்கிக்கொண்டு இருக்கும் போது வீட்டில் திருடர்கள் வருவதை உடனே அறிவிப்பதற்கு இச்சாதனத்தைப் பயன்படுத்தலாம். கதவுகளுக்கு அருகில் சுவர்களுக்கிடையே யாராவது வரும்போது இம்மின் கடத்தில் விழும் ஒளியைப் பாதிக்கச்செய்து அப்பொழுது ஏற்படும் மின்சாரத்தைக் கொண்டு மணி அடிக்குமாறு செய்துவிடலாம். இதைக் கேட்டவுடனே நாம் விழித்துக்கொண்டு திருடர்களைப் பிடித்து விடலாம். பல ஆபீஸுகளிலும், பெரியவியாபார ஸ்தலங்களிலும் இரவில் இவ்வேலையைச் செய்வதற்கு இச்சாதனத்தை உபயோகித்து வருகின்றனர்கள். மற்றும் பெரிய கட்டிடங்களில் கீழ் மாடியிலிருந்து மேல் மாடிகளுக்குப் போகும் லிப்ட் (Lift) என்னும் சாதனத்தின் கதவுகளைத் தாமாகவே திறக்கவோ மூடவோ செய்வதற்கு இதை உபயோகிக்கின்றனர்கள். இதுபோன்ற எண்ணற்ற காரியங்களுக்கு இக்கடம் பயன்பட்டு வருகின்றது.

21. ராடர்

சமீபத்தில் முடிவுபெற்ற இரண்டாவது உலகப் போரின் காரணமாக மக்கள் முன்னேற்றம் அடையாவிட்டாலும் விஞ்ஞானம் அதிக முன்னேற்றமடைந்தது. இதுவரை நன்கு அறியப்படாமலிருந்த அநேக விஷயங்கள் அறியப்பட்டன. பல கருவிகளும் சாதனங்களும் புதிதாக உண்டாக்கப்பட்டன. இவற்றில் இரண்டு உலகப் பிரசித்தமாகிவிட்டன. அவைகள் அணு வெடிகுண்டும், 'ராடர்' என்னும் சாதனமும். அணு வெடி குண்டு அழிக்கும் கருவி. ஆனால் 'ராடர்' என்னும் சாதனத்தினால் மக்களுக்கு நன்மைதான் அதிகம். ஜர்மானியர் லண்டனையும், அதைச் சூழ்ந்துள்ள இடங்களையும் விமானங்களிலிருந்து தாக்கி வரும்போது, ஆங்கிலேய விஞ்ஞானிகள் இச்சாதனத்தைக் கண்டுபிடித்து அவர்கள் நாட்டைக் காப்பாற்றிக்கொண்டார்கள். இச்சாதனத்தின் தத்துவம் எளிது. அதைப் பற்றி ஆராய்வோம்.

எதிரொலி நிகழ்ச்சியை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். ஒரு பெரிய சுவருக்குச் சற்றுத் தூரத்தில் நின்றுகொண்டு சத்தம் போட்டால் எதிரொலி கேட்கும். ஒலி தோன்றிய இடத்திலிருந்து அலைகள் கிளம்பி எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகின்றன. அவ்வாறு பரவிச் செல்லும் அலைகளில் ஒரு பகுதி சுவரில் மோதி, பிரதி பலனம் அடைந்து, திரும்ப நாம் நிற்கும் திசையை நோக்கி வந்து நம்மை அடை

யும்போது நமக்கு எதிரொலி புலனுகும். இவ்வெதிரொலியை நன்ருகக் கேட்பதற்குச் சில நிபந்தனைகள் உண்டு. ஒலி தோன்றி நேராக நம்மை அடைந்து, வீசம் செகண்டு நேரம் ஆனபின்தான் பிரதி பலனம் ஆகிவரும் ஒலி விழவேண்டும். ஒலி அலைகள் செகண்டுக்கு ஆயிரத்து நூறு அடிவீதம் பரவுவதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிருர்கள். வீசம் செகண்டில் ஒலி சுமார் எழுபது அடி தூரம் பரவும் என்று அறியலாம். ஆகையிஞல் நாம் இருக்கும் இடத்திலிருந்து சுவர் முப்பத்தைந்து அடிக்குமேல் இருந்தால் அன்றி எதிரொலி உண்டாகாது. இது ஒரு நிபந்தனை. அடுத்தபடியாக இருக்கவேண்டியது ஒலியின் நீடிப்பைப் பொறுத்தது. ஒலி தோன்றியவுடன் சிறிது நேரம்தான் அதிக முழக்கத்துடன் நீடித்திருக்க வேண்டும். அப்பொழுது தான் எதிரொலியின் முழக்கம் நன்ருக இருப்பதுடன் முதல் ஒலியுடன் கலக்காமல் வேருகப் பிரிந்து கேட்கும். இதில் மற்ருெரு நன்மையுமுண்டு. நம்மைச் சுற்றி நான்கு திசைகளிலும் சுவர்கள் இருந்தால் ஒவ்வொன்றிலும் ஏற்பட்ட எதிரொலி அப்போதுதான் தனித்தனியே பிரிந்து கேட்கும். இவ்வெதிரொலி வீழும் நேரத்தைக் கொண்டு சுவரின் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம். ஒரு பெரிய கோவில் சுவருக்குச் சற்றுத் தூரத்தில் நின்றுகொண்டு வேகமாகக் கையைத்தட்டி நிறுத்தி விடுவதாகக் கொள்வோம். அப்போது உடனே கேட்கும் ஒலிக்கும் எதிரொலிக்கும் இடையே

உண்டான நேரத்தை நுணுக்கமாக அளப்போம். இந்நேரம் இரண்டு செகண்டு என்று கண்டால் சுவர் ஆயிரத்துநூறு அடி தூரத்தில் இருந்திருக்க வேண்டும் என்று சுலபமாக அறியலாம். இதே தத்துவத்தைக் கொண்டுதான் ஆகாய விமானம் இருக்கும் தூரத்தை அறிகின்றூர்கள். ஆனால் இதற்கு ரேடியோ அலைகளை உபயோகிக்கின்றூர்கள். இவ்வலைகளைப்பற்றிச் சிறிது பார்த்தபின் 'ராடர்' சாதனத்தின் அமைப்பைக் கவனிப்போம்.

பூமியைச் சூழ்ந்து எங்கும் வியாபித்திருப்பது விசும்பு. நீர்ப்பரப்பில் ஒரு சிறு கல்லைப் போட்ட மாத்திரத்தில் அதைச் சுற்றி அலைகள்தோன்றி எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுவதைப் பார்க்கிறோம். இதைப்போல விசும்பிலும் அலைகளை உற்பத்தி செய்யலாம். நீர்ப்பரப்பில் அலைகள் தொடர்ந்து உண்டாகிப் பரவிக்கொண்டே யிருக்கவேண்டுமென் ருல் ஒன்றின்மேல் ஒன்ருகக் கிரமப்படி கற்களைப் போட்டுக்கொண்டிருக்க வேண்டும். விசும்பிலும் இவ்வாறு அலைகளைத் தொடர்ந்து உற்பத்தி செய்ய லாம். இதற்கு மின்சாரம் பயன்படுகிறது. மின்சா ரத்தைக்கொண்டு விசும்புக்கு அதிர்ச்சியை உண்டா க்கும்போது ஏற்படும் இவ்வலைகளை மின் அலைகள் என்று கூருமல் மின்காந்த அலைகள் என்று கூறுவ தன் காரணம் என்ன என்று கேட்கலாம். மின்சார மும், காந்தமும் சுந்தன், உபசுந்தன் என்ற இரண்டு அசுரர்களைப்போல இணைபிரியாத நண்பர்களாக இருப்பதனுல் இவ்வலைகளுக்கு மின்காந்த அலைகள்

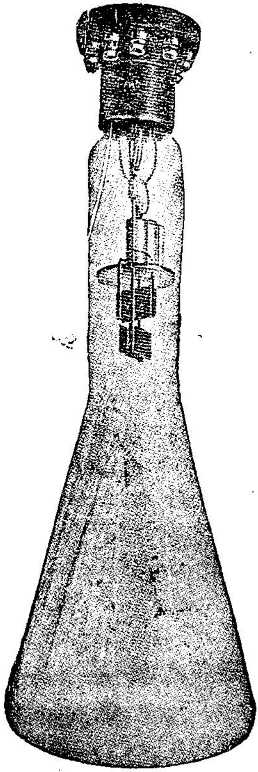
என்று பெயர் கொடுத்தார்கள். அலை இயக்கத்துக்குச் சில பண்புகள் உண்டு. அலைகளைக் குறுகியவை என்றும் நீளமானவை என்றும் கூறுவது வழக்கம். அலை நீளத்தில் ஏற்படும் இவ்வேற்றுமை அலை உற்பத்தியாகுமிடத்தில் விசும்புக்கு ஏற்படும் அதிர்ச்சியின் கிரமத்தைப் பொறுத்திருக்கும். இவ்வதிர்ச்சிக் கிரமத்தை அலையின் சுருதி (wave frequency) என்று கூறுவார்கள். சுருதி அதிகமாக இருந்தால் அலையின் நீளம் குறுகி இருக்கும். சுருதி குறைவாக இருந்தால் அலை நீண்டிருக்கும். இம் மின்காந்த அலைகளெல்லாம் விசும்பில் செகண்டுக்கு நூற்று எண்பத்தாறாயிரம் மைல் வீதம் பரவுவதாகக் கண்டு பிடித்திருக்கிறார்கள். பூமத்திய ரேகைக்குச் சமீபத்தில் பூமியின் சுற்றளவு இருபத்தையாயிரம் மைல் தான். எனவே இவ்வலைகள் பூமியின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து எதிர்ப் பக்கத்திற்கு ஒரு நொடிப் பொழுதுக்குள்ளேயே சென்றுவிடுகின்றன. அயல் நாடுகளுக்குச் சமாசாரம், சங்கீதம் முதலியவற்றை இவ்வலைகளின் மூலம் அனுப்புகிறார்கள். இதற்கென்று பூமியின் பல இடங்களில் ரேடியோ நிலயங்கள் (Radio Broadcasting Station) ஏற்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றிலெல்லாம் மின்காந்த அலைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு நிலயத்திலும் குறிப்பிட்ட ஓர் அலை நீளத்தில்தான் அலைகளை உற்பத்தி செய்வார்கள். ஏனெனில் அப்பொழுதுதான் எல்லா நிலயங்களும் ஒற்றுமையுடன் வேலை செய்வது சாத்தியமாகும். இந் நிலயங்களில்

பேச்சுக்கு அல்லது பாட்டுக்குண்டான ஒலியை மின் சாரமாக மாற்றி இம் மின்காந்த அலைகளுடன் இணைத்துவிடுவார்கள். இவ்வாறு இணைக்கப்பட்ட அலைகள் ரேடியோ நிலயத்திலுள்ள ஏரியல் (Aerial) என்னும் கருவியிலிருந்து கிளம்பி எல்லாத் திசைகளி லும் பரவும். கேட்கவேண்டிய இடத்தில் இவ் வலை களைக் கிரகித்துக்கொள்வதற்கு ஒரு கருவி வேண் டும். அதுதான் 'ரேடியோ ஸெட்' என்னும் சாதனம். இதில் இவ்வலைகளை ஏற்று மின்சாரத்தை மறுபடி யும் ஒலியாக மாற்றிப் பேச்சையோ பாட்டையோ கேட்கின்றூர்கள். இவ் வலைகளைக்கொண்டு ஏன் ஆகாய விமானங்களின் போக்கை நிர்ணயிக்கக் கூடாது என்று சென்ற 1935-ஆம் ஆண்டில்தான் ஆராயத் தொடங்கினர்கள். இச் சோதனைகளில் வெற்றி அடைந்தவர்கள் ஆங்கிலேய விஞ்ஞானிகள் தான் என்று முன்பே கூறினோம். ரேடியோ அலை களைக்கொண்டு இச் சாதனம் வேலை செய்வதால் இதற்கு 'ராடர்' என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது.

ரேடியோ நிலயத்தைப்போல "ராடர் நிலயமும்" (Radar Broadcasting Station) அமைக்கப்படும். இதிலுள்ள ஏரியலிலிருந்து சக்திவாய்ந்த மின்காந்த அலைகள் கிளம்பி, பரவிச் செல்லும். இந் நிலயத் துக்குப் பக்கத்திலேயே இம் மின்காந்த அலைகளைக் கிரகிப்பதற்கு என்று மற்ருெரு நிலயம் (Radar Receiving Station) இருக்கும். ராடர் நிலயத்தில் உற்பத்தியாகும் அலைகள் ரேடியோ அலைகளைப் போலத் தொடர்ந்து உண்டாவதில்லை. விட்டு

விட்டே உற்பத்தி செய்வார்கள். சாதாரணமாக ஓர் அலைத்தொடர் சென்று செகண்டில் இருபத்தைந்தில் ஒரு பாகம் ஆனபின்தான் மற்ருேர் அலைத்தொடர் உற்பத்தியாகும். கண்டுபிடிக்க வேண்டிய விமானத்தின் தூரத்துக்குத் தகுந்தாற்போல் இந்நேரத்தை மாற்றிக்கொள்வார்கள். இவ்வலைத்தொடர்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்ருகப் பரவிச்செல்லும்போது வெகு தூரத்துக்கு அப்பால் பறந்துவரும் விமானத்தின்மீது ஒரு பகுதி விழுந்து பிரதிபலனம் ஆகி மீண்டும் அதே திசையில் நிலயத்தை நோக்கி வரும். மின்காந்த அலைகளின் கதி அபரிமிதமாக இருப்பதால் முதலில் தோன்றிய அலைகளுக்கும் பிரதிபலனம் ஆகிவரும் அலைகளுக்கும் இடையே ஏற்படும் நேரம் வெகு சிறியதாக இருக்கும். செகண்டின் பத்து லக்ஷத்தில் ஒரு பங்கை ஆதாரமாகக் கொண்டு இந்நேரத்தை அளப்பார்கள். மிகக் குறுகிய இக்காலத்தை அளக்கும் கருவிக்குக் குறை கிரண துளங்கிசைக் கருவி (Cathode ray oscillograph) என்று பெயர். ரேடியோ மூலம் ஆங்காங்கே நடக்கும் காட்சிகளையும் உடனுக்குடனேயே பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்கும் சாதனத்தின் (Television set) முக்கிய பாகம் இக் கருவிதான். இதன் அமைப்பைப் படத்தில் பார்க்கவும். இக் கண்ணுடிப் பாத்திரத்திலுள்ள காற்றெல்லாம் நீக்கப்பட்டு வெற்றிடமாகச் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன் ஒரு நுனியில் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு வகை உலோக கம்பியின் மூலம் மின்னருவி

யைச் செலுத்திஞல் அதிலிருந்து மின்னுருக்கள் (Electrons) என்னும் சிறு துகள்கள் கொண்ட ஒரு கிரணக்கற்றை மற்ருெரு நுனியிலுள்ள அடிப்



குறை கிரண படம் : துளங்கிசை கருவி.

பாகத்தைத் தாக்கும். இவ் வடிப்பாகத்தின்மீது ஒரு வித இரசாயனப் பொருள் பூசப்பட்டிருக்கும். கிரணக்கற்றை விழும் இடத்தில் ஓர் ஒளிப்புள்ளி தோன்றும். இக் கருவியில் மின்காந்த அலைகளை ஏற்று இவ் வொளிப் புள்ளியைத் தக்கவாறு அசையச் செய்யலாம். இவ்வசைவைப் போட்டோ தட்டில் பதிவும் செய்துவிடலாம். இப் புள்ளியின் இயக்கத்தைக்கொண்டு மிகக் குறுகிய காலத்தையும் அளந்துவிடலாம். இதைக்கொண்டு 'ராடர்' நிலயத்திலிருந்து அலைகள் கிளம்பி, பிரதிபலனம் அடைந்து மீண்டு வரும்வரை ஏற்படும் காலத்தை அளந்துவிடுகிறார்கள். இந் நேரத்தையும் மின்காந்த அலைகளின் கதியையும் கொண்டு விமானம் இருக்கும்தூரம் கண்டுபிடிக்கப் படுகிறது. ரேடியோ நிலயத்திற்கும் ராடர் நிலயத்திற்கும் மற்றொரு வித்தியாசமுண்டு. துறைமுகங்களில் உள்ள தீபஸ்தம்பத்திலிருந்து கிரணக்கற்றை செல்லுவதுபோல மின்காந்த அலைகளையும் கற்றையாக அனுப்புகிறார்கள். இத்துடன் கற்றை செல்லும் திசையையும் மாற்றுவதற்குச் சுழலும் ஏரியலை உபயோகிக்கின்றார்கள். கூட்டமாக விமானங்கள் பறந்து செல்லும்போது அவை ஒவ்வொன்றிலும் பிரதிபலனம் உண்டாகி அதற்குத் தகுந்தாற்போல ஏற்கும் கருவியில் பதிவு உண்டாகும். இப்பதிவுகளைக்கொண்டு சுமார் நூற்றுக்குப் பத்துவரை தப்பில்லாமல் விமானங்களின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுபிடித்துவிடுகிறார்கள். விமானம் இருக்கும்தூரம் மட்டும் தெரிந்தால் போதாது.

அது பறந்துசெல்லும் திசை, உயரம், கதி முதலிய விவரங்களும் தெரியவேண்டும். இவ் விவரங்களையும் அறிந்து வருகிறார்கள். முதலில் தாழ்ந்து பறக்கும் விமானங்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியாமல் தவித்தார்கள். இதன் காரணத்தை அறிந்து அதை நீக்குவதற்கு மிகக் குறுகிய அலைகளை உபயோகிக்க வேண்டுமென்று உணர்ந்தார்கள். மிகக் குறுகிய அலைகளை உற்பத்தி செய்வதில் ஜர்மானியர்களுக்கும் ஆங்கிலேயர்களுக்கும் போட்டி மும்முரமாக நடந்தது. இதில் இங்கிலாந்துதான் வெற்றி அடைந்தது. ஆங்கிலேய விஞ்ஞானிகள் ஒன்றரை சென்டிமீடர் நீளமுள்ள அலைகளை உற்பத்திசெய்யும் கருவியைக் கண்டுபிடித்ததன் பயனாகவே அவர்கள் ஜர்மானியரைத் தோற்கடிக்க முடிந்தது என்றுகூடச் சொல்லிவிடலாம். 'ராடார்' அலைகளை ஏற்குமிடத்தில் கிழக்கு மேற்கில் ஓர் ஏரியலையும், தெற்கு வடக்கில் மற்றோர் ஏரியலையும் அமைத்து, அவற்றின் மூலம் ஏற்படும் பதிவுகளின் தராதரத்தைக் கொண்டு விமானம் இருக்கும் திசையைக் கண்டுபிடித்து விடுகிறார்கள். வெவ்வேறு மட்டங்களில் ஏரியல்களை அமைத்து அவற்றின்மூலம் ஏற்படும் பதிவுகளைக்கொண்டு விமானம் இருக்கும் உயரத்தையும் கண்டுபிடித்து விடுகிறார்கள்.

கடைசியாக இச்சாதனத்தின் மற்ற உபயோகங்களைப்பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். பறக்கும் விமானங்களின் எண்ணிக்கை, உயரம், திசை முதலிய விவரங்களைத் தரையிலிருந்து அறிவதுபோல, தரையி

லுள்ள இடங்களின் விவரங்களை விமானத்திலிருந்து கண்டுபிடித்து விடலாம். ஆங்கிலேயர்கள் பெர்லினை விமானங்களிலிருந்து தாக்குவதற்கு இச் சாதனத்தைத்தான் உபயோகித்தார்கள். இதன் துணை கொண்டு அவர்கள் கருவிகளுக்குப் புலப்படாமல் பறந்து சென்று அவர்கள் நாட்டின் பல பாகங்களை நிர்மூலமாக்கி விட்டார்கள். மற்றும் திசை தெரியாமல் செல்லும் விமானங்களுக்கு இச் சாதனம் உதவி அளிக்கின்றது. இதைக்கொண்டு அவை இருக்கும் இடங்களை விமானத்திலுள்ளவர்கள் அறியலாம். முடிவாகக் கூறுகையில், இதனால் விமானப் பிரயாணம், ரயில் பிரயாணம் கடல் பிரயாணம் இவற்றைப்போலப் பயமில்லாமல் போய்விட்டது என்று சொல்லலாம். எனவே, சண்டை நிமித்தமாக இச் சாதனம் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட போதிலும் சாதாரண காலங்களில் இதன் உபயோகம் ஒப்பற்றது என்று அறியலாம். ஆகாயம், தரை, கடல் இவற்றில் செல்லும் எப்பொருளின் போக்கையும் இச்சாதனத்தைக்கொண்டு அறிந்துவிடலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் கூறுகிறார்கள்.

22. தற்கால பௌதிக சித்தாந்தங்கள்

மனிதன் பூமியில் தோன்றியது முதற்கொண்டு இயற்கையுடன் போராடியே ஜீவித்து வந்திருக்கிறான். இயற்கை நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டு இவன் அடைந்த திகில் நாளடைவில்தான் நீங்கிற்று. பின்னரே நிகழ்ச்சிகளுக்குக் காரணம் கண்டுபிடிக்கலானான்; இயற்கை இரகசியங்களைச் சலித்து, அவற்றினிடையே உள்ள பொது உண்மைகளை அறியலானான். இவ்வாறு அவன் அறிந்துவந்த விஷயங்களை வகைப்படுத்திக் கூறுவதையே முக்கியமாகக் கொண்டிருக்கிறது விஞ்ஞானம் என்னும் கலை. விஞ்ஞானத்தில் பௌதிக விஞ்ஞானம் என்றும், இரசாயன விஞ்ஞானம் என்றும், தாவர நூல் விஞ்ஞானம் என்றும், உயிர் நூல் விஞ்ஞானம் என்றும் பல பகுதிகள் உண்டு. இவற்றில் பௌதிகமும் இரசாயனமும்தான் இயற்கை முழுவதற்கும் உண்டான பொது உண்மைகளைக் கண்டுபிடிக்க வசதி அளிக்கின்றன. மற்றவை இயற்கையின் ஒவ்வோர் அம்சத்தை பற்றி விரிவாக ஆராய்வதை நோக்கமாகக் கொண்டிருக்கின்றன. இயற்கையில் நாம் காணுவது பல்வேறு பொருள்களும் பல்வேறு சக்திகளும் ஆகும். நாம் காணும் பொருள்களின் தொகையைக் கணக்கிட முடியாவிட்டாலும் அவை எல்லாவற்றையும் தொண்ணூற்றிரண்டு தனிப் பொருள்களிலிருந்து (Elements) பெற்றுவிடலாம்

என்று இரசாயன விஞ்ஞானிகள் அறிந்துள்ளார்கள். இதுபோல நாம் காணும் மின்சாரம், காந்தம், ஒளி முதலிய பல்வேறு சக்திகளும் ஒரே தன்மையுடையன என்று பௌதிக விஞ்ஞானிகள் அறிந்துள்ளார்கள். இயற்கை முழுவதற்கும் மூல காரணம் பொருளும் சக்தியும்தாம் என்று இவ்விருவகை விஞ்ஞானிகளும் கூறுகின்றார்கள். பொருளுக்கும் சக்திக்குமுள்ள தொடர்பைப் பற்றியவைதாம் தற்கால பௌதிக சித்தாந்தங்கள். அவற்றை இக் கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

ஓர் பொருளை எல்லையற்ற அளவிற்குப் பிரித்துக்கொண்டே போகமுடியாது என்றும், பிளக்க இயலாத நிலையில் ஒரு துகள் இருக்கவேண்டுமென்றும் நெடுநாள் முன்னரே விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தார்கள். தனிப் பொருளின் பிளக்க இயலாத துகளுக்கு அணு (Atom) என்றும், சேர்க்கைப் பொருளின் பிளக்க இயலாத துகளுக்கு மூலகம் (Molecule) என்றும் பெயர் கொடுத்தார்கள். சேர்க்கையில் கலந்துள்ள தனிப் பொருள்களின் அணுக்கள் மூலகத்தில் அடங்கியிருக்கும். இவ்வாருக ஒவ்வொரு பொருளிலும் கோடிக் கணக்கான மூலகங்களும் அணுக்களும் இருப்பது தெரியவந்தது. பொருளின் தன்மைகளுக்குக் காரணம் இவ்வணுக்களின் தன்மைகளே என்று அறிந்தார்கள். இக் கருத்தை வெளியிட்டவர் டால்டன் (Dalton) என்னும் பேரறிஞர். இவர் வழியைப் பின்பற்றி விஞ்ஞானிகள் இவ் வணுக்களைப் பற்றிய விவரங்கள் எல்லா

வற்றையும் சேர்க்கலானார்கள். அணுக்களைவிடச் சிறிய துகள்கள் இல்லை என்ற சித்தாந்தம் நெடுநாள் வரை விஞ்ஞானிகளிடையே இருந்துவந்தது.

சென்ற நூற்றாண்டின் இறுதியில், ஜே. ஜே. தாம்ஸன் (Thomson) என்ற விஞ்ஞானி ஒரு சோதனை செய்தார். அதன் விளைவாக, 'டால்டன்'' சிந்தாந்தம் தவறு என்று ஆயிற்று. ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் குழாயின் இரண்டு நுனிகளிலும் இரண்டு உலோகத் தகடுகளைத் தாம்ஸன் வைத்தார். இக் குழாயிலுள்ள காற்றின் பெரும் பகுதியை ஓர் இறைவியைக் கொண்டு வெளிப்படுத்தினார். உள்ளிருக்கும் காற்றின் இறுக்கம் மிகமிகக் குறைவாக ஆனவுடனே உலோகத் தகடுகளின் வழியாக ஒரு மின்னருவியைச் செலுத்தினார். அப்பொழுது கண்ணுக்குப் புலப்படாத ஒரு கிரணவீச்சு ஒரு தகட்டிலிருந்து மற்றொரு தகட்டுக்குச் சென்று தாக்குவதைக் கண்டார். இக்கிரணங்களைக் காந்தச் சட்டம், மின் புலம் முதலியவற்றைக் கொண்டு சோதனை செய்து, இக்கிரணங்கள் அணுக்களைக் காட்டிலும் சிறிய துகள்களாக இருப்பதைக் கண்டார். மற்றும் இத் துகள்கள் குறை மின்சாரத்தை ஏற்றுக்கொண்டிருப்பது தெரியவந்தது. எனவே இவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயரிட்டார்.

இதிலிருந்து மின்சாரமும் பொருள்-தன்மையானது என்று தெரியவந்தது. இதைப்பற்றிப் பின்பு விவரிப்போம். அணுக்களைக் காட்டிலும் மிகச்

சிறிய இத் துகள்களை வேறு வழிகளிலும் உற்பத்தி செய்ய முடிவதைக் கண்டார்கள். உதாரணமாக ஓர் உலோகக் கம்பியை ரேடியோ வால்வில் உள்ளதுபோலச் சூடேற்றினால் அதிலிருந்து மின்னுருக்கள் வெளிவருவதைப் பார்த்தார்கள். ஒளிக் கிரணங்களில் ஒருவகை சில பொருள்களின் மீது விழும்போது, அவற்றிலிருந்தும் இம் மின்னுருக்கள் வெளிவருவதைக் கண்டார்கள். இவ்வாறு பல சோதனைகளிலிருந்து பொருள்களில் மின்னுருக்கள் இருப்பது தெரியவந்தது. எனவே அணுக்களில் அவற்றைவிட மிகச் சிறிய இத்துகள்கள் இருக்கவேண்டுமென்ற முடிவுக்கு வந்தார்கள். உடனே அவர்களின் கவனம் வேறொரு துகள் கண்டு பிடிப்பதில் சென்றது. அணுவுக்கு ஒருவகை மின்சாரமும் இல்லாமலிருப்பதால், அணுவில் அடங்கிய மின்னுருக்களுக்குண்டான குறை மின்சாரத்துக்குச் சமமாக மிகை மின்சாரம் ஏற்றுக் கொண்டிருக்கும் துகள்கள் யாவை என்று ஆராயத் தொடங்கினார்கள். ரூதர்போர்டு (Rutherford) என்னும் விஞ்ஞானிதான் அணுவின் மிகை மின்சாரப் பகுதியைப்பற்றிய விவரங்களைக் கண்டு பிடித்தவர். அணுவின் உட்பகுதியைப் பரிசீலனை செய்ய வேண்டுமாயின் அணுவைப் பிளந்து அதனுள் செல்லக்கூடிய கருவி ஒன்று வேண்டும். இவர் அவ்வாறு அணுவினுள் புகுந்து செல்லக்கூடிய கருவியைத் தேடலானார். அப்பொழுது இவர் பெகரேல் (Becquerel) என்னும் பெரியார் கண்ட யுரேனியம்

என்னும் தனிப் பொருளிலிருந்து தாமாக வெளி வரும் கிரணங்களைப்பற்றிச் சோதனை நடத்திவந்தார். இக் கதிரியக்கக் கிரணங்களில் மூன்றுவகைக் கிரணங்கள் இருப்பதை ருதர்போர்டு கண்டார். ஒருவகை மிகுந்த ஆற்றலையும், மற்றொருவகை மிகுந்த வேகத்தையும். மூன்றாவது வகை மிகுந்த ஊடுருவும் தன்மையையும் பெற்றிருப்பது இவருக்குப் புலனாயிற்று. இவற்றை முறையே ஆல்பா—கிரணங்கள் என்றும், பீடா—கிரணங்கள் என்றும், காமா—கிரணங்கள் என்றும் பெயரிட்டார். ஆல்பா கிரணங்கள் மிகை சுமையேறிய துகள்களாக இருப்பதையும், பீடா—கிரணங்கள் தாம்ஸன் கண்டு பிடித்த மின்னுருக்களாக இருப்பதையும் கண்டார். இவர் ஆல்பா—துகள்கள் அணுவைப் பிளப்பதற்கு ஏற்றனவாக இருப்பதை உணர்ந்து, அவைகளைப் பொருளின் அணுக்களின்மீது ஏவினார். சோதனைகள் பல நடத்தி எல்லா அணுக்களின் மையங்களில் மிகை மின்சுமை ஏற்றுள்ள கருக்கள் அல்லது நடு முதல்கள் (Nucleus) இருப்பதை உணர்ந்தார். மற்றும் இந்நடு முதல்கள் எல்லாம் ஒன்று அல்லது ஒன்றிற் கதிகமான நீரகம் அல்லது ஜலவாயு (Hydrogon) அணுக்கருவின் நிறை கொண்டிருப்பதை அறிந்தார். எனவே நீரக அணுக்கள் தான் மிகை மின்சுமையேறிய மற்றொரு துகள் என்று எடுத்துக்கூறினார். இதற்குப் பரமாணு (Proton) என்று பெயரிட்டார். பின்னர் மற்றொரு சிறிய துகளும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதைக்

கண்டு பிடித்தவர் சாட்விக் (Chadwick) என்னும் பெரியார். நீரக வாயு அணுவின் நடுமுதலின் நிறையையும் ஆனால் ஒருவகை மின்சாரமும் இல்லாமல் இருக்கும் ஒரு புதுத் துகளை இவர் கண்டு பிடித்தார். இதற்கு அலியுரு (Neutron) என்று பெயர் கொடுத்தார்கள். மற்றொரு துகளும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. மின்னுருவின் நிறையையும் ஆனால் அதற்குச் சமமான மிகைச் சுமையையும் கொண்ட துகள் இது. இதற்கு மிகையுரு (Positron) என்று பெயர் கொடுத்தார்கள். இவ்வாறாக " இனிப் பிளக்க இயலாது" என்று டால்டன் அவர்களினால் கருதப்பட்டு வந்த அணுவைக்காட்டிலும் மிகச்சிறிய துகள்கள் மின்னுரு (Electron), பரமாணு (Proton), அலியுரு (Neutron), மிகையுரு (Positron) என்பவை இருப்பது தெரியவந்தது. இத்துகள் எல்லாம் அணு அமைப்பில் பங்கெடுத்துக் கொள்ளுகின்றன. இப்பொழுது சக்தியின் வரலாற்றைப் பார்ப்போம்.

முதலில் மனிதன் அறிந்த சக்திகள் வெப்பமும் ஒளியும் தான். முன்னாளில் வெப்பத்தைத் தெய்வமாகக்கூடக் கொண்டாடி வந்தார்கள். வெப்பத்தின் தன்மை நெடுநாள்வரை விஞ்ஞானிகளுக்குப் புலப்படவில்லை. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் கடைசியில்தான் ரம்போர்டு (Rumford) என்னும் விஞ்ஞானி வெப்பத்துக்குக் காரணம் இயக்கம் என்று கண்டுபிடித்தார். பொருள்களெல்லாம் அணுக்களாலானவை என்று முன்பு பார்த்தோம்.

இவ்வணுக்களெல்லாம் நிரந்தரமாக இயங்கிக் கொண்டே இருக்கவேண்டுமென்று அறியப்பட்டது. ஐவ்வாது வத்தி ஒன்றை ஏற்றி வைத்தவுடன் நாலா பக்கங்களிலும் வாசனை பரிமளிப்பதை நாம் பார்க்கிறோம். இதற்குக் காரணம் வத்தியிலிருந்து வெளிப்படும் ஆவி—அணுக்களின் இயக்கம்தான். இத்தகைய இயக்கத்தின் விளைவாகவே ஒவ்வொரு பொருளின் சூடும் அமைகின்றது என்று உணர்ந்தார்கள். அடுத்தபடியாக ஒளியின் தன்மை அறியப்பட்டது. ஒளி, வெப்பம் என்ற இரண்டு சக்திகளும் ஒரே இனத்தைச் சேர்ந்தவையே என்று அறிந்தார்கள். ஒரு பொருள் சூடேற்றப் பட்டால் அப்பொருளிலுள்ள அணுக்களின் இயக்கம் அதிகரித்து, முதலில் வெப்பம் பரவும். பொருளைப் பின்னும் சூடேற்றினால், வெப்பம் ஒளியாக மாறி, பொருள் பிரகாசமாகத் தோன்றும். எனவே வெப்பமும், ஒளியும் சக்தியின் வெவ்வேறு நிலைகளே என்று அறியலாம்.

இனி, சக்தியில் வேறு இரண்டு வகையைப் பார்ப்போம். மாக்னிஷியா என்னும் இடத்தில் அகப்பட்ட சில கற்களுக்கு, இரும்புச் சாமான்களைத் தம்மிடம் இழுத்துக் கொள்ளும் இயல்பு இருப்பதை நெடுநாள் முன்னரே அறிந்தார்கள். இதைக் காந்த சக்தி என்று பெயரிட்டார்கள். அரக்கு, கண்ணாடிக் குச்சிகளைத் தேய்த்தால், அவையும் காகிதத் துணுக்குகளைக் கவரும். இதை முதலில் கண்டவர்கள் யவனர்கள். இச்சக்திக்கு மின்சக்தி என்று பெயர் கொடுத்தார்கள். இது கண்டு சில நூற்றாண்டு

களுக்குப் பின்னர் கால்வனி (Galvani), வோல்டோ (Volto) என்ற விஞ்ஞானிகள் ஓடும் மின்சாரத்தை, அதாவது மின்சார அருவியைப் பெறுவதற்கு வழியைக் கண்டுபிடித்தார்கள். உடனேயே காந்த சக்தியும் மின்சார சக்தியும் இணைபிரியாத நண்பர்கள் என்பது அறியப்பட்டது. எப்பொழுதும் இரண்டும் சேர்ந்தே இருக்கும். மற்றும் ஒன்றைக் கொண்டு மற்றொன்றைப் பெற்று விடலாம். இவ்வாறாக வெப்பம், ஒளி இரண்டும் ஒருவகைச் சக்தி யென்றும், காந்தம் மின்சாரம் இரண்டும் வேறொரு வகைச் சக்தி என்றும் நெடுநாள் வரை கருதி வந்தார்கள். இவ்விரண்டு வகையும் ஒன்றே என்று மாக்ஸ்வெல் (Maxwell) என்னும் பேரறிஞர் கூறினார். இவர் கூறியதைப் பரிசோதனையினால் நிரூபித்துக்காட்டினார் ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) என்னும் மற்றொரு விஞ்ஞானி. சக்தியைப்பற்றி விஞ்ஞானிகள் கொண்டிருந்த மற்றொரு முக்கியமான கருத்தை இப்பொழுது கூறுவோம்.

சக்தி, பொருள் தன்மை இல்லாமல், எங்கும் வியாபிக்கும் தன்மையை மட்டும் பெற்றிருக்கிறது என்று கருதினார்கள். ஏனெனில் சூரியனிடமிருந்து நாம் பெறும் ஒளி, வெப்பம் இரண்டும் வெகு தூரம் வெற்றிடத்தில் பரவியே நம்மை அடைகிறதை நாம் அறிவோம். வெற்றிடத்தையே விசும்பு, வெளி, ஆகாசம் என்று நம்மவர்கள் கூறுவது. சக்தி, அலைகளாகவே விசும்பில் எங்கும் வியாபிப்பதை அறிந்தார்கள். முதன் முதலில் ஒளி அலைகளின்

போக்கே நன்கு அறியப்பட்டது. பின்னரே மற்ற வகைச் சக்திகளும் இதுபோன்று அலைகளாகப் பரவுவது தெரியவந்தது. எல்லா வகைச் சக்தி அலைகளையும் மின்—காந்த அலைகள் (Electro magnetic-waves) என்று கூறினார்கள். இவை எல்லாம் ஒரே கதியுடன் எங்கும் பரவுகின்றன. வெப்பஅலைகள் ஒளி அலைகளைக் காட்டிலும் நீளமானவை. ரேடியோ அலைகள் வெப்ப அலைகளைக் காட்டிலும் நீளமானவை. எனவே, சக்தியின் வகைக்குரிய வேற்றுமை அலையின் நீளத்தைப் பொறுத்தது என்று கருதினார்கள். இவ்வாருக, பொருள்கள் தொடர்பற்றுத் துகள்களாக இருப்பதும், இதற்கு மாருகச் சக்தி, தொடர்புடன் பொருள் தன்மை இல்லாமல், அலைகளாக இருப்பதும்தான் விஞ்ஞானிகள் சமீபகாலம் வரை கருதிவந்த முடிவுகள்.

இம் முடிவுகள் சரியல்ல என்று இந்நூற்ருண்டில் விஞ்ஞானிகள் அறியலானார்கள். இதற்கு முதல் காரணம் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் கண்டுபிடித்த மின்னுருக்களே. இவை மின்சுமை ஏற்று இருப்பதை முன்பு குறிப்பிட்டோம். இது விஞ்ஞானிகளைத் திடுக்கிடச் செய்தது. இதனால் சக்தி பொருள் தன்மை இல்லாமல் இருக்கும் என்று கொள்ளப்பட்ட முடிவுக்குப் பங்கம் ஏற்பட்டது. மின்சாரம் துகளாக இருக்கக்கூடும் என்ற கருத்து விஞ்ஞானிகளிடையே வேரூன்றி வரலாயிற்று. பொருள் அமைப்பில் துகள் சித்தாந்தத்தைக் கொள்வதுபோல, சக்தி அமைப்பிலும் துகள் சித்தாந்தத்தை ஏன் மேற்கொள்ளக்

கூடாது என்று பிளான்கு (Planc) என்னும் விஞ்ஞானி கேட்டார். வெப்ப விளைவைப்பற்றிய சோதனைகளில் சிலவற்றின் மர்மம் தெரியாமலேயே இருந்துவந்தது. சக்தி அமைப்பிலும் துகள் சித்தாந்தத்தை மேற்கொண்டு, பிளான்கு இவற்றின் மர்மத்தை நீக்கி விட்டார். நீல்ஸ் போர் (Niels Bohr) என்னும் மற்றொரு பெரியார் ஒளி விஷயத்திலும் துகள் சித்தாந்தத்தை மேற்கொள்ள வேண்டியதன் அவசியத்தை எடுத்துக்காட்டினர். ஐன்ஸ்டைன் (Einstein) என்னும் விஞ்ஞானி, மற்றொரு ஒளி நிகழ்ச்சியில் இச் சித்தாந்தத்தின் அவசியத்தைக் காட்டினர். காம்ப்டன் (Compton) என்றவர் இதன் அவசியத்தை எக்ஸ்—கிரணங்களின் (X-rays) போக்கிலிருந்து காட்டினர். இவ்வாருகப் பல துறைகளிலிருந்து சக்தி அமைப்பிலும் துகள் சித்தாந்தம் சரி என்பது வெளியாயிற்று. முன்னர் பல நூற்ருண்டுகளில் சேகரித்து அறிந்த விஷயங்களைக் கொண்டுதான் சக்தி விஷயத்தில் அலை—சித்தாந்தத்தை மேற்கொண்டார்கள். எனவே இதைக் கை விடுவதற்கில்லை. ஆகையினல் சக்தி ஓரோரமயம் பொருண்மையான துகள் போன்றும், மற்ருரமயம் அலை போன்றும் இருக்கிறது என்று டெ ப்ராக்லி (De Broglie) போன்ற பெரியார்கள் முடிவு கட்டினர்கள். இதிலிருந்து மற்றொரு கேள்வி பிறந்தது பொருளுக்கு மூலகாரணமாயும் இருக்கும் மின்னுருத் துகள் அலைபோன்று ஏதாவது ஒரு நிகழ்ச்சியை உண்டாக்குகிறதா என்று ஆராயத் தொடங்கினர்

கள். இதில் வெற்றி யடைந்தவர் ஜி. பி. தாம்ஸன் (G. P. Thomson) என்னும் விஞ்ஞானி. இவர் மின்னுருவைக் கண்டுபிடித்த ஜே. ஜே. தாம்ஸனின் மகன். மெல்லிய தங்கத் தகடு, அலுமினியத் தகடு இவற்றின்மீது மின்னுருக்களை விழச்செய்து, அவற்றுக்கு அலை இயல்பு இருப்பதைச் சோதனையினால் நிரூபித்துக் காண்பித்தார். எனவே துகள் அலையாகவும், அலை துகளாகவும் இருக்கும் என்று அறிந்தார்கள். இதிலிருந்து பொருள் சக்தியாகவும், சக்தி பொருளாகவும் மாறும் என்ற பெரிய உண்மையும் உறுதியாயிற்று.

Printed by the Cauveri Colour Press, Kumbakonam
for R. K V. T. P. No. 390, 1000 December '47.